

Sur quels critères entreprendre la reconstitution de ripisylves diversifiées (en âge et en structure) et fonctionnelles sur le long terme ?



Mémoire de fin d'études

ILLUSTRATIONS DE COUVERTURE (décrites de gauche à droite et de haut en bas) :

Photo 1 : Le Madon

Photo 2 : Ripisylve « naturelle » vs ripisylve plantée

Photo 3 : Ruisseau de l'Esch

Photo 4 : La Nied Réunion

Source : Photos : Marion Hayot, 2011

Sur quels critères entreprendre la reconstitution de  
ripisylves diversifiées (en âge et en structure) et  
fonctionnelles sur le long terme ?

Mémoire de fin d'études



## FICHE SIGNALÉTIQUE D'UN TRAVAIL D'ÉLÈVE DE LA FIF

<b>Formation des ingénieurs forestiers d'AgroParisTech-ENGREF</b>	<b>TRAVAUX D'ÉLÈVES</b>
<b>TITRE</b> : Sur quels critères entreprendre la reconstitution de ripisylves diversifiées (en âge et en structure) et fonctionnelles sur le long terme ?	<b>Mots clés</b> : Ripisylve Plantation Hydromorphologie Directive cadre sur l'eau
<b>AUTEUR(S)</b> : Marion HAYOT	<b>Promotion</b> : 19 <sup>ème</sup>
<b>Caractéristiques</b> : 4 volumes ; 71 pages ; 19 figures ; 14 tableaux ; 25 annexes ; bibliographie.	

### CADRE DU TRAVAIL

<b>ORGANISME PILOTE OU CONTRACTANT</b> : Office national de l'eau et des milieux aquatiques (ONEMA)		
<b>Nom des responsables</b> : 1) David MONNIER, 2) Jean-Baptiste SCHWEYER		
<b>Fonction</b> : 1) Adjoint du Délégué interrégional de l'ONEMA Nord-Est 2) Chef du service départemental de l'ONEMA de Meurthe-et-Moselle (54)		
<b>Nom du correspondant ENGREF (pour un stage long)</b> : Gérard FALCONNET		
<b>Tronc commun</b> <input checked="" type="checkbox"/> <b>Option</b> <input type="checkbox"/> <b>D. d'approfondissement</b> <input type="checkbox"/>	<b>Stage en entreprise</b> <input type="checkbox"/> <b>Stage à l'étrange</b> <input type="checkbox"/> <b>Stage fin d'études</b> <input checked="" type="checkbox"/>  <b>Date de remise</b> :	<b>Autre</b> <input type="checkbox"/>
<b>Contrat avec Gref Services Nancy</b> <input type="checkbox"/> OUI <input checked="" type="checkbox"/> NON		

### SUITE À DONNER (réservé au service des études)

- Consultable et diffusable
- Confidentiel de façon permanente
- Confidentiel jusqu'au / / , puis diffusable

# Résumé

---

Le rôle des ripisylves est primordial pour l'atteinte du bon état écologique des cours d'eau, de la restauration des processus hydromorphologiques, la continuité écologique et la protection de la biodiversité. Pourtant, depuis plusieurs décennies, les différents usages et aménagements des cours d'eau sont responsables de leur destruction et des nombreuses conséquences liées (érosion, inondations, etc.). Ainsi, des objectifs de préservation et restauration de ces milieux, imposés par la DCE, doivent permettre la reconstitution de ripisylves diversifiées et fonctionnelles. Depuis une vingtaine d'années, quelques cours d'eau du bassin Rhin-Meuse ont fait l'objet de programmes de plantation. Les premiers retours d'expérience indiquent la nécessité d'améliorer ces techniques afin d'aboutir à une ripisylve plus équilibrée. Dans cette étude, limitée à l'analyse de certains cours d'eau de plaine, la mise en place d'un protocole de description des ripisylves permet d'établir que la diversification et la densité sont les principaux critères de différence entre la ripisylve dite « naturelle » et la ripisylve reconstituée.

À l'avenir, mieux considérer ces critères doit permettre d'améliorer les travaux de plantation. L'introduction d'essences mal adaptées ou allochtones est la principale cause d'échec des plantations. Ainsi, il convient d'adapter les cahiers des charges et de sensibiliser les bureaux d'études, maîtres d'œuvre et d'ouvrage et les pépiniéristes. Enfin, profiter des compétences et connaissances de terrain des techniciens rivière ou des agents de l'Onema peut améliorer la qualité des plantations.

# Abstract

---

The riparian land cover play a lead role in order to maintain a sane ecological condition regarding the watercourses, to restore the hydromorphological processes as well as the ecological continuity, and to protect the biodiversity. Nevertheless, for various decades, the diverse uses and planning of the watercourses have been leading to their razing and to a large range of linked consequences (i.e. erosion, water-floods, etc.). Thus, major water-conservation and restoring objectives tackling those milieus, which are laid down by the DCE (French major guideline on water), should enable the reconstruction of functional and diversified riparian land cover. For twenty years, French Environmental Authorities have been restoring some watercourses of the Rhine-Meuse basin through planting programs. The latest feedbacks highlight an urgent need to improve those techniques in order to lead to a better balanced riparian land cover. Regarding this study, which framework is limited to several plain watercourses, the setting up of a riparian land cover description protocol enables to state that diversification and density stand as the major criteria to determine the difference between a natural riparian land cover and a reconstructed one.

As for the future, better considering those criteria should enable the planting work improvement. Introducing not suitable or foreign-born tree species is the main cause of planting failure. Thereby, the aim is now to adapt the specifications as well as raise awareness among the research departments and nurserymen. Eventually, take the opportunity of relying on the fieldwork competences of technical river experts or ONEMA Agents may improve plantation quality.

# Remerciements

---

Je tiens tout d'abord à remercier David Monnier, adjoint du délégué interrégional de l'Office national de l'eau et des milieux aquatiques (ONEMA) et Jean-Baptiste Schweyer, chef du service départemental de Meurthe-et-Moselle de l'ONEMA qui m'ont permis de réaliser ce stage très enrichissant et formateur sur le plan professionnel mais également personnel. Leur grande disponibilité, leur patience et leur confiance m'ont permis de progresser tout au long de ce stage. Merci à David Monnier de m'avoir guidée, conseillée et écoutée dans mon travail, en me transmettant ses connaissances et son expérience en qualité d'ingénieur. Et merci à Jean-Baptiste Schweyer pour son précieux savoir naturaliste, son appui et ses encouragements. Merci également pour son encadrement sur le terrain et son grand sens de l'organisation.

J'adresse également tous mes remerciements à Philippe Goetghebeur, directeur du service des espaces naturels et ruraux à l'Agence de l'eau Rhin-Meuse et Pierre Mangeot, chargé de mission « cours d'eau » au service des espaces naturels et ruraux à l'Agence de l'eau Rhin-Meuse, pour nos échanges ainsi que leurs conseils et contributions au bon déroulement de ce stage.

Par ailleurs, je tiens à remercier chacun des agents du service départemental de Meurthe-et-Moselle de l'ONEMA (Jean-Yves Grangjean, Hervé Dalichampt, Boris Mangeol et Pascal Veret) de m'avoir accompagnée et conseillée sur le terrain. J'ai apprécié leur qualité et efficacité de travail ainsi que leur bonne humeur. Merci pour tous ces bons moments passés sur le terrain. Je remercie également l'équipe du service départemental de Moselle de l'ONEMA pour leur accueil et leur sourire. Merci à Éric Sabot, chef du service, de m'avoir permis de bénéficier des connaissances et de l'aide de Livier Schweyer, agent du service, lors des prospections de terrain en Moselle.

Je remercie Nadou Cadic, délégué interrégional Nord-Est de l'ONEMA, pour nos échanges et ses conseils dans l'orientation de mon travail. Et un grand merci à l'ensemble du personnel de la délégation interrégionale Nord-Est de l'Onema pour leur accueil chaleureux et pour avoir facilité mon intégration au sein de l'équipe. Merci pour leurs contributions apportées à mon stage. Je remercie également les stagiaires pour leur aide et leur sympathie.

Puis, je tiens à remercier mon tuteur pédagogique, Gérard Falconnet, enseignant-chercheur en reboisement, milieux forestiers méditerranéens, eau et pisciculture à l'ENGREF-AgroParisTech, pour sa confiance, son attention et ses conseils.

Enfin, un grand merci à tous mes proches pour leur inestimable soutien...

# Table des matières

---

Remerciements.....	1
Table des annexes .....	4
Table des illustrations.....	5
Index alphabétique des sigles .....	7
Introduction .....	8
<b>PARTIE I : Contexte de l'étude .....</b>	<b>9</b>
I.1. La ripisylve, un des éléments clé dans la reconquête du bon état écologique des cours d'eau.....	9
I.1.1. Cadre institutionnel .....	9
I.1.2. La ripisylve, un élément important de l'hydromorphologie.....	9
I.2. Réglementation et protection.....	11
I.3. Définitions et objectifs de l'étude .....	13
<b>PARTIE II : Le rôle de la ripisylve dans l'amélioration de l'état des cours d'eau.....</b>	<b>16</b>
II.1. La ripisylve : un écosystème complexe et fragile .....	16
II.1.1. Qu'est-ce qu'une ripisylve ? .....	16
II.1.2. Rôles et intérêts de la ripisylve .....	16
II.1.3. Composition et structure de la ripisylve.....	20
II.1.4. Conclusion.....	21
II.2. Méthodes existantes ou naissantes d'analyse de l'état des cours d'eau.....	21
<b>PARTIE III - Matériel et méthodes .....</b>	<b>24</b>
III.1. Approche classique de description d'« état » de la ripisylve à l'échelle stationnelle.....	24
III.1.1. Présentation de la zone d'étude .....	24
III.1.1.1. Échelle de la zone d'étude.....	24
III.1.1.2. Délimitation de la zone d'étude.....	24
III.1.2. Protocole de description de la ripisylve .....	25
III.1.2.1. Méthode d'échantillonnage.....	24
III.1.2.2. Démarche générale.....	26
III.1.2.3. Protocole inspiré et simplifié de CARHYCE.....	26
III.1.3. Collecte des données.....	27
III.1.3.1. Sélection des descripteurs .....	27
III.1.3.2. Élaboration de la fiche de terrain.....	28
III.2. Méthodes d'analyse comparative des données .....	29

III.2.1. Des méthodes descriptives.....	29
III.2.1.1. Analyse en composantes principales .....	29
III.2.1.2. Histogramme : étude de la composition spécifique des ripisylves .....	30
III.2.1.3. Boîte à moustache : étude de l'implantation des espèces .....	30
III.2.2. Des méthodes statistiques.....	31
III.2.3. Création et sélection des variables .....	31
III.2.3.1. Les variables quantitatives.....	31
III.2.3.2. Les variables qualitatives .....	34
<b>PARTIE IV - Résultats.....</b>	<b>35</b>
IV.1. Détermination des principales différences entre les deux types de ripisylves .....	35
IV.1.1. Analyse des liaisons entre variables et ressemblances entre stations .....	35
IV.1.2. Interprétation graphique et validation statistique des hypothèses .....	41
IV.1.3. Suppression de l'effet « cours d'eau » et étude des différences entre les deux types de ripisylve.....	51
IV.2. Comparaison des surfaces de végétation observées à partir de l'outil SYRAH et calculées à partir de relevés de terrain .....	54
<b>PARTIE V - Discussion et perspectives .....</b>	<b>55</b>
V.1. Limites de l'étude.....	55
V.1.1. Difficultés d'appréhension de la fonctionnalité de la ripisylve .....	55
V.1.2. Limites de l'ACP .....	55
V.2. Pour la reconstitution d'une ripisylve diversifiée et fonctionnelle - se poser les bonnes questions.....	56
V.2.1. Reconstitution d'une ripisylve diversifiée.....	56
V.2.2. Reconstitution de ripisylve par plantations : optique sur du long terme .....	56
V.3. Bilan de l'analyse des données et amélioration du protocole.....	57
V.3.1. Principales observations de terrain .....	57
V.3.2. Critères à considérer pour entreprendre une reconstitution par plantation d'une ripisylve .....	58
V.3.3. Une meilleure adaptation du protocole.....	61
V.4. Perspectives.....	63
<b>Glossaire.....</b>	<b>65</b>
<b>Références bibliographiques .....</b>	<b>67</b>
<b>Liste des contacts .....</b>	<b>70</b>
<b>Table des annexes .....</b>	<b>71</b>

# Table des annexes

---

<b>Annexe 1</b> - Schéma conceptuel du SYRAH-CE (Chandesris et al., 2007) .....	1
<b>Annexe 2</b> - Variables de pression et risques d'altérations physiques (Chandesris et al., 2007) .....	1
<b>Annexe 3</b> - Répartition spatiale des stations décrites sur l'Esch. (Source : Hayot).....	2
<b>Annexe 4</b> - Répartition spatiale des stations décrites sur le Madon (Source : Hayot).....	3
<b>Annexe 5</b> - Répartition spatiale des stations décrites sur la Nied Réunion (Source : Hayot) ..	4
<b>Annexe 6</b> - Fiche de terrain testée (à adapter) (Source : Hayot) .....	5
<b>Annexe 7</b> - Réalisation de l'ACP : tableau des données quantitatives (Source : Hayot).....	10
<b>Annexe 8</b> - Réalisation de l'ACP : graphique des valeurs propres (Source : logiciel R).....	11
<b>Annexe 9</b> - Réalisation de l'ACP : tableaux de diagnostic de l'ACP (Source : logiciel R) .....	12
<b>Annexe 10</b> - Principaux indicateurs des variables quantitatives (Source : logiciel R) .....	13
<b>Annexe 11</b> - Centrage et réduction des données quantitatives (Source : logiciel R) .....	14
<b>Annexe 12</b> - Réalisation de l'ACP : tableau des données qualitatives (Source : Hayot) .....	15
<b>Annexe 13</b> - Script des commandes pour la réalisation d'une ACP avec le logiciel R .....	16
<b>Annexe 14</b> - Exemple : résultat d'ANOVA obtenu avec le logiciel Minitab.....	19
<b>Annexe 15</b> - Exemple : résultat d'un test non paramétrique de Kruskal-Wallis obtenus avec le logiciel Minitab .....	20
<b>Annexe 16</b> - Amélioration de l'ACP : tableaux de diagnostic de l'ACP (logiciel R) .....	21
<b>Annexe 17</b> - Esch : tableaux de diagnostic de l'ACP (Source : logiciel R).....	22
<b>Annexe 18</b> - Madon : tableaux de diagnostic de l'ACP (Source : logiciel R).....	23
<b>Annexe 19</b> - Nied Réunion : tableaux de diagnostic de l'ACP (Source : logiciel R) .....	24
<b>Annexe 20</b> - Comparaison graphique des implantations sur le profil de berge des espèces non plantées et plantées (Source : Hayot).....	25
<b>Annexe 21</b> - Comparaison de la composition spécifique entre les deux types de ripisylve sur l'Esch (Source : Hayot).....	29
<b>Annexe 22</b> - Comparaison de la composition spécifique entre les deux types de ripisylve sur le Madon (Source : Hayot).....	30
<b>Annexe 23</b> - Comparaison de la composition spécifique entre les deux types de ripisylve sur la Nied Réunion (Source : Hayot) .....	31
<b>Annexe 24</b> - Nouvelle fiche de terrain améliorée (Source : Hayot) .....	32
<b>Annexe 25</b> - Notice de la nouvelle fiche de terrain (Source : Hayot) .....	35

# Table des illustrations

---

## Figures

---

**Figure 1 :** Représentation graphique des variables et des stations dans le plan factoriel principal (Source : Hayot)

**Figure 2 :** Représentation graphique des variables et des stations dans le plan factoriel 1 x 3 (Source : Hayot)

**Figure 3 :** Représentation graphique des variables et des stations dans le plan factoriel 1 x 4 (Source : Hayot)

**Figure 4 :** Représentation graphique des variables et des stations dans le plan factoriel 1 x 5 (Source : Hayot)

**Figure 5 :** Représentation graphique des variables et des stations dans le plan factoriel 1 x 6 (Source : Hayot)

**Figure 5 :** Représentation graphique des variables et des stations dans le plan factoriel 1 x 6 (Source : Hayot)

**Figure 6 :** Représentation graphique de l'effet « largeur du cours d'eau » et « taux de plantation » (des espèces absentes à l'état naturel sur la station) sur la densité de la ripisylve (Source : Hayot)

**Figure 7 :** Comparaison des distances moyennes au pied de berge de l'Aulne glutineux à l'état naturel et planté (Source : Hayot)

**Figure 8 :** Représentation graphique de l'effet « hauteur de berge » sur l'implantation des individus (Source : Hayot)

**Figure 9 :** Représentation graphique de l'effet « taux de plantation » sur la présence de haies (Source : Hayot)

**Figure 10 :** Représentations graphiques des effets « cours d'eau » et « longueur de station » sur la richesse spécifique (Source : Hayot)

**Figure 11 :** Représentation graphique de l'effet « type de ripisylve » sur la diversité spécifique (Source : Hayot)

**Figure 12 :** Comparaison de la composition spécifique des ripisylves « non plantées » entre les trois cours d'eau (Source : Hayot)

**Figure 13 :** Comparaison de la composition spécifique des ripisylves majoritairement « plantées » entre les trois cours d'eau (Source : Hayot)

**Figure 14 :** ACP (Esch) : cercle des corrélations dans le plan factoriel principale et représentation graphique de l'effet « type de ripisylve » (Source : Hayot)

**Figure 15 :** ACP (Madon) : cercle des corrélations dans le plan factoriel principale et représentation graphique de l'effet « type de ripisylve » (Source : Hayot)

**Figure 16 :** ACP (Madon) : représentations graphiques des effets « tracé du lit » et « occupation du sol » (Source : Hayot)

**Figure 17 :** ACP (Nied Réunion) : Cercle des corrélations dans le plan factoriel principale et représentation graphique de l'effet « type de ripisylve » (Source : Hayot)

**Figure 18 :** ACP (Nied Réunion) : représentation graphique de l'effet « occupation du sol » (Source : Hayot)

**Figure 19 :** Comparaison des surfaces de végétation observées sous SIG et calculées à partir des données de terrain.

## Tableaux

---

**Tableau 1 :** Nature et objectifs de mesure des descripteurs

**Tableau 2 :** Sélection des variables quantitatives pour la réalisation de l'ACP

**Tableau 3 :** Sélection des variables qualitatives pour la réalisation de l'ACP

**Tableau 4 :** Analyse des corrélations entre les variables quantitatives (Logiciel R)

**Tableau 5 :** Correspondance entre les individus (ACP) et les stations de mesures

**Tableau 6 :** Variables et stations les mieux représentées par l'axe principal (Source : Hayot)

**Tableau 7 :** Variables et stations les mieux représentées par l'axe 2 (Source : Hayot)

**Tableau 8 :** Variables et stations les mieux représentées par l'axe 3 (Source : Hayot)

**Tableau 9 :** Variables et stations les mieux représentées par l'axe 4 (Source : Hayot)

**Tableau 10 :** Variables et stations les mieux représentées par l'axe 5 (Source : Hayot)

**Tableau 11 :** Variables et stations les mieux représentées par l'axe 6 (Source : Hayot)

**Tableau 12 :** Analyse statistique des relations entre les variables : ANOVA et tests de Kruskal-Wallis (Source : Hayot)

**Tableau 13 :** Synthèse des connaissances pour la reconstitution d'une ripisylve diversifiée et fonctionnelle.

**Tableau 14 :** Synthèse des principales réflexions en terme de plantation de ripisylve

# **Index alphabétique des sigles**

**ACP** : Analyse en Composantes Principales  
**AELB** : Agence de l'Eau Loire-Bretagne  
**AEAP** : Agence de l'eau Artois-Picardie  
**AERM** : Agence de l'Eau Rhin-Meuse  
**AERMC** : Agence de l'Eau Rhône-Méditerranée et Corse  
**AESN** : Agence de l'Eau Seine Normandie  
**AURAH-CE** : Audit Rapide de l'Hydromorphologie des Cours d'Eau  
**BCAE** : Bonnes conditions agricoles et environnementales  
**CARHYCE** : CARactérisation de l'Hydromorphologie des Cours d'Eau  
**CCTP** : Cahiers des Clauses Techniques Particulières  
**CEMAGREF** : CEntre national du MACHinisme agricole, du Génie Rural, des Eaux et des Forêts  
**CG** : Conseil Général  
**CNRS** : Centre National de la Recherche Scientifique  
**CSP** : Conseil Supérieur de la Pêche  
**DGALN** : Direction Générale de l'Aménagement, du Logement et de la Nature  
**DCE** : Directive Cadre sur l'Eau  
**DIR** : Direction Inter Régionale  
**DIREN** : Direction Régionale de l'Environnement  
**IDF** : Institut pour le Développement Forestier  
**INRA** : Institut National de la Recherche Agronomique  
**LEMA** : Loi sur l'Eau et les Milieux Aquatiques  
**MAE** : Mesure Agro-Environnementale  
**MEDDTL** : Ministère de l'Écologie, du Développement Durable, des Transports et du Logement  
**MNHN** : Museum National d'Histoire Naturelle  
**ONCFS** : Office National de la Chasse et de la Faune sauvage  
**ONEMA** : Office National de l'Eau et des Milieux Aquatiques  
**PAC** : Politique Agricole Commune  
**PNRBSN** : Parc Naturel Régional des Boucles de la Seine Normandie  
**PLU** : Plan Local d'Urbanisme  
**RCS** : Réseau de Contrôle de Surveillance  
**SAGE** : Schéma d'Aménagement et de Gestion des Eaux  
**SCOT** : Schéma de COhérence Territoriale  
**SDAGE** : Schéma Directeur d'Aménagement et de Gestion des Eaux  
**SYRAH-CE** : SYstème Relationnel d'Audit de l'Hydromorphologie des Cours d'Eau  
**USRA** : Unités Spatiales de Recueil et d'Analyse  
**ZNT** : Zone Non Traitée

# Introduction

---

Depuis des décennies, les différents usages et aménagements des cours d'eau ont mené à une dégradation de leur qualité. L'extension urbaine, le développement de l'industrialisation, l'intensification de l'agriculture ou encore la gestion irraisonnée des rivières constituent les principales causes de ce mauvais état constaté aujourd'hui. Face à ce résultat inquiétant, la Directive cadre sur l'eau (DCE) apporte une politique communautaire dans le domaine de l'eau qui vise à donner une cohérence à l'ensemble de la législation. Elle fixe des objectifs de restauration et préservation de l'état des eaux superficielles et souterraines.

Afin d'atteindre le « bon état » des différents milieux sur l'ensemble du territoire européen d'ici 2015, objectif général imposé par la DCE, des programmes de mesures sont mis en place par bassin versant. La gestion classique des berges et de la végétation rivulaire (coupe sélective, enlèvement des embâcles, etc.) n'étant pas suffisante, des actions plus ambitieuses doivent être engagées afin de garantir l'atteinte de ces objectifs.

Les ripisylves ont un rôle primordial dans la reconquête du bon état écologique des cours d'eau car contribuent à la restauration des processus hydromorphologiques (stabilisation des berges, création d'habitats, etc.), rétablissent la continuité écologique (trame bleue et verte) et protègent la biodiversité. Le constat d'une évolution lente de ces milieux (développement végétal, retour à une dynamique « naturelle ») et face au mauvais état évalué sur bon nombre de cours d'eau, la plantation de ripisylves est une des actions les plus citées dans le programme de mesures du bassin Rhin-Meuse.

Il y a une vingtaine d'années, certains cours d'eau du bassin ont fait l'objet de programmes de plantation de ripisylves. Afin d'espérer respecter l'échéance imposée par la DCE, des retours d'expériences sur ces premières actions doivent être effectués afin de tirer les enseignements nécessaires à l'amélioration de ces plantations. L'objectif étant de reconstituer une ripisylve fonctionnelle et diversifiée, la Délégation inter régionale (DIR) du nord-est de l'Office national de l'eau et des milieux aquatiques (ONEMA) propose une étude, en collaboration avec l'agence de l'eau Rhin-Meuse, sur la détermination des principaux critères qualitatifs sur lesquels entreprendre cette plantation.

Après une synthèse des connaissances sur le sujet, cette étude s'appliquera à élaborer un protocole de description des ripisylves afin d'effectuer une analyse comparative, sur la base de critères qualitatifs, entre des ripisylves dites « naturelles » et des ripisylves « plantées » afin de répondre à la problématique suivante :

**Sur quels critères entreprendre la reconstitution de ripisylves diversifiées (en âge et en structure) et fonctionnelles sur le long terme ?**

# **PARTIE I : Contexte de l'étude**

---

## ***1.1. La ripisylve, un des éléments clé dans la reconquête du bon état écologique des cours d'eau***

### **1.1.1. Cadre institutionnel**

L'ONEMA est un établissement public placé sous la tutelle du ministère de l'Écologie, du Développement Durable des Transports et du Logement (MEDDTL). Il succède au Conseil supérieur de la pêche (CSP) en avril 2007 suite à la loi sur l'eau du 30 décembre 2006.

Cet organisme technique français de référence sur la connaissance, la protection et la surveillance de l'état des eaux et sur le fonctionnement écologique des milieux aquatiques, a pour finalité de favoriser la gestion globale et durable de la ressource en eau et des écosystèmes aquatiques. Il mène en particulier des programmes de recherche et des études consacrés à la structure et au fonctionnement des écosystèmes aquatiques, à la restauration de ces milieux, à l'évaluation d'impacts des activités humaines puis à l'efficacité du service de l'eau et de l'assainissement. L'ONEMA travaille en relation avec l'Office national de la chasse et de la faune sauvage (ONCFS), les agences de l'eau ou encore le Centre national du machinisme agricole, du génie rural, des eaux et des forêts (CEMAGREF). Cette transversalité concerne notamment l'atteinte des objectifs de la DCE qui vise un « bon état écologique » des eaux d'ici 2015.

« La DCE fixe un objectif de retour à un bon état des cours d'eau à l'horizon 2015. C'est la qualité biologique des eaux et la continuité écologique qui sont visées. Cependant, elle n'impose pas d'objectif précis en termes de qualité physique des berges et des cours d'eau » (AERM, 2008). Pourtant, les systèmes biologiques sont conditionnés par la structure du milieu physique. En effet, le rétablissement de l'équilibre biologique et la préservation de la biodiversité passent par le retour des systèmes aquatiques à un état fonctionnel proche de celui qu'on pourrait appeler état de référence, c'est-à-dire avant perturbation. « Le rétablissement du fonctionnement morpho-dynamique d'un cours d'eau contribuera donc à améliorer son état écologique comme requis par la DCE. Cela participera également à la restauration de la continuité écologique et à l'amélioration du fonctionnement des écosystèmes et écotones (zones d'interface) favorisant la biodiversité » (ONEMA, 2010).

### **1.1.2. La ripisylve, un élément important de l'hydromorphologie**

D'après Malavoi et Bravard (2010), « il est clairement établi aujourd'hui que le bon fonctionnement écologique des cours d'eau et de leurs corridors passe par la préservation des processus géodynamiques naturels et des caractéristiques géomorphologiques qui en résultent ». Ainsi, l'hydromorphologie fluviale (expression introduite par la DCE en 2000) est une discipline scientifique qui a pris de l'importance ces dernières années. Jusqu'alors, elle était peu prise en compte dans les programmes de restauration, mais elle est devenue utile pour guider les orientations de gestion et de restauration des cours d'eau (Malavoi et Bravard, 2010).

En effet, « les mesures prises pour retrouver une bonne qualité des écosystèmes aquatiques étaient essentiellement axées sur la chimie et la physico-chimie de l'eau ; le paramètre « habitat » a été introduit plus tard, une fois mieux connu le fonctionnement des espèces aquatiques » ((Roussel et al., 2009). L'hydromorphologie d'un milieu aquatique décrit « ses caractéristiques hydrologiques (état quantitatif et dynamique des débits, connexion aux eaux souterraines) et morphologiques (variation de la profondeur et de la largeur de la rivière, caractéristiques du substrat du lit, structure et état de la zone riparienne) ainsi qu'à sa continuité (migration des organismes aquatiques et transport de sédiments). Elle résulte de la conjugaison de caractéristiques climatiques, géologiques, du relief et de l'occupation des sols » (d'après la définition présente sur le portail eaufrance). Elle s'intéresse principalement à l'étude des processus physiques régissant le fonctionnement des cours d'eau (« dynamique fluviale » ou « géodynamique fluviale ») et aux formes qui en résultent (« morphologie fluviale »), ainsi elle « doit être l'occasion de développer un outil de réflexion pour concilier approche territoriale, maintien des ressources aquatiques et état écologique des hydrosystèmes fluviaux, futures "trames bleues" » (AEAG, 2009). De ce fait, l'ONEMA a développé deux outils afin de mesurer l'hydromorphologie à différentes échelles du territoire : il s'agit du système relationnel d'audit de l'hydromorphologie des cours d'eau (SYRAH-CE) et du protocole de caractérisation de l'hydromorphologie des cours d'eau (CARHYCE).

Ainsi, le bon fonctionnement hydromorphologique du cours d'eau contribue au bon état biologique imposé par la DCE. D'après la circulaire DCE 2005/12 relative à la définition du « bon état », l'hydromorphologie intervient comme un facteur explicatif de l'état biologique des cours d'eau.

Comme l'expliquent Malavoi et Bravard (2010), dans des conditions naturelles stables, une combinaison « dynamique stable » s'installent entre deux types de variables : les variables de « contrôle » et les variables de « réponse ». Ainsi, ce premier type, intervenant à l'échelle du bassin versant et mis sous l'influence de paramètres environnementaux (le climat, la géologie et la couverture végétale (influences sur l'écoulement superficielle et l'érosion des sols)), contrôle l'évolution physique du cours d'eau (débit liquide et charge solide essentiellement). À l'échelle du tronçon, les variables de « réponse » (largeur, sinuosité et pente locale du cours d'eau principalement), permettent au cours d'eau de s'ajuster aux changements du milieu (variables de « contrôle ») comme par exemple, une modification importante et durable de la couverture végétale (dégradation de la ripisylve). De ce fait, Malavoi et Bravard (2010) confirment que « la composition et la structure de la végétation rivulaire est un paramètre exerçant un important contrôle sur les processus géodynamiques (entre autres par une protection mécanique des berges et un rôle stabilisateur vis-à-vis des processus d'érosion latérale) ».

De plus, une évaluation de l'état écologique des cours d'eau français a été réalisée fin 2004 par les agences de l'eau et les services de l'État. Cet état des lieux a mis en évidence que le principal obstacle au bon état écologique des cours d'eau est un problème de qualité physique des rivières (berges et lit) et donc de qualité des habitats. En effet, d'après le rapport d'activité de l'Agence de l'eau Rhin-Meuse, les deux tiers des masses d'eau du bassin Rhin-Meuse sont dégradées par l'hydromorphologie seule ou combinée à la pollution. Pourtant, les programmes d'entretien ou de restauration des cours d'eau sont encore motivés par des considérations d'ordre hydraulique (limiter les débordements ou l'érosion des berges, etc.) et paysagères alors que « ces pratiques ont souvent un impact

négatif sur les habitats et les espèces, et dégradent ainsi l'état écologique global des cours d'eau » (Malavoi et al. 2007).

Alors que la ripisylve est au centre des programmes de restauration des cours d'eau menés sur le Bassin Rhin-Meuse, elle est encore trop souvent la cible d'arrachages et de coupes rases. Pourtant, des objectifs ambitieux de gestion ont été établis au titre de la DCE et confortés par les propositions du Grenelle de l'environnement, avec entre autres les dispositifs de trames bleue et verte. De ce fait, une gestion respectueuse et sélective de la végétation rivulaire et des projets de reconstitutions importants ont été adoptés afin de limiter les dégradations et rétablir les fonctionnalités de la ripisylve.

Les altérations hydromorphologiques, qui modifient le fonctionnement naturel des cours d'eau, sont liées aux pressions anthropiques qui s'exercent sur les sols du bassin versant et sur les cours d'eau (Malavoi et al. 2006). La suppression de ripisylve constitue une source d'altérations. Ainsi, l'atteinte du bon état écologique visera à préserver ou restaurer un bon fonctionnement hydromorphologique des cours d'eau dégradés avec un objectif de reconstitution fonctionnelle globale.

Lorsque l'état est dégradé, il est préconisé d'améliorer tous les compartiments aquatiques et rivulaires, mais dans le cadre de notre étude, seule la reconstitution de la ripisylve est abordée.

## ***1.2. Réglementation et protection***



*Berges érodées (Source : Hayot)*

Les ripisylves sont des milieux dégradés, en régression et peu pris en compte. La pression anthropique, l'intensification de l'agriculture, la banalisation de la ripisylve par l'introduction d'espèces mal adaptées au milieu (peupliers et résineux) et allochtones (Muller, 2005) ou encore l'état sanitaire déclinant de la végétation rivulaire (maladie du Frêne, de l'Orme ou de l'Aulne (Streito, 2002 ; AERM, 2007)) font partis des nombreuses menaces qui pèsent sur ces équilibres naturels.

Pourtant, les rôles assurés par les ripisylves au sein de l'hydrosystème sont reconnus. De ce fait, elles doivent être mieux protégées. Cependant, aucune mesure réglementaire de protection n'est spécifique aux ripisylves.

Néanmoins, des moyens ou outils de protection existent comme des mises en réserve naturelle ou le projet national de Trame verte et bleue avec la loi Grenelle 1 article 29 qui impose la remise en bon état des continuités écologiques des milieux afin de répondre aux exigences de bon état des masses d'eaux superficielles imposés par la DCE (trame bleue et verte). Mais il s'agit le plus souvent de mesures agro-environnementales (MAE), sur la base d'un engagement volontaire.

Ces mesures constituent « un élément essentiel du dispositif prévu pour intégrer les préoccupations environnementales à la politique agricole commune (PAC) » et « visent à encourager les agriculteurs à protéger et à valoriser l'environnement en les rémunérant pour la prestation de services environnementaux » (d'après la Commission européenne de l'agriculture et du développement). Dans le cadre de la PAC, le versement de certaines aides communautaires est conditionné au respect, par l'exploitant, d'exigences en matière de bonnes conditions agricoles et environnementales (BCAE), notamment la mise en place de bande enherbée le long des cours d'eau afin d'améliorer sa qualité. Selon l'article D. 615-46 du Code rural « les agriculteurs qui souhaitent bénéficier des aides communautaires doivent mettre en place une surface minimale consacrée au couvert environnemental [...] en priorité le long de ce cours d'eau » (Sanson et al. 2010). De plus, la loi Grenelle 1, article 31 prévoit une « implantation progressive de bandes enherbées et de zones végétalisées tampons le long des cours d'eau et des plans d'eau à des fins d'amélioration de la qualité de l'eau et de préservation de la biodiversité » (Loi Grenelle 1 article 31 - Projet de loi Grenelle 2 article 52) (Lafitte et Cravero, 2010). Un programme d'action dans les zones vulnérables, concernant la protection des eaux contre la pollution par les nitrates (Directive Nitrates), vient compléter le dispositif mis en place dans le cadre des BCAE concernant l'implantation d'une bande enherbée ou boisée le long des cours d'eau (article R.211-83 du Code de l'environnement). De plus, un arrêté de septembre 2006 « interdit l'utilisation de pesticides sur des zones de non traitement (ZNT) qui sont au minimum de cinq mètres en bord des cours d'eau » (AERM, 2008). Enfin, le remplacement des bandes enherbées par un boisement rivulaire de même longueur est possible. L'arrêté du 30 avril 2009 (portant application des articles D. 615-46, D. 615-48, D. 615-49, D. 615-50 du Code rural) affirme que le boisement rivulaire de remplacement est pris en compte dans la déclaration de surface, rendant ainsi la présence de ripisylve, compatible avec la PAC (AERM, 2008). Cependant, « le risque de voir réduire les surfaces éligibles à la PAC ou au titre des bandes enherbées, à cause de la présence de cette végétation de bord de berges, est mis en avant » (AERM, 2008). Ainsi, les ripisylves sont souvent détruites afin de simplifier l'entretien de la bande enherbée.

S'ajoute à ces mesures de protection, compatibles avec la PAC, un autre cadre réglementaire pour les riverains. Deux articles de loi du Code de l'Environnement imposent l'entretien et la protection de la ripisylve pour son maintien et la pérennisation de ses fonctionnalités au sein du cours d'eau. D'après l'article L215-14, « le propriétaire riverain est tenu à un entretien régulier du cours d'eau. L'entretien régulier a pour objet de maintenir le cours d'eau dans son profil d'équilibre, de permettre l'écoulement naturel des eaux et de contribuer à son bon état écologique ou, le cas échéant, à son bon potentiel écologique, notamment par enlèvement des embâcles, débris et atterrissements, flottants ou non, par élagage ou recépage de la végétation des rives ». De plus, l'article L211-7 8° vise à « la protection et la restauration des sites, des écosystèmes aquatiques et des zones humides ainsi que des formations boisées riveraines ».

La réglementation s'appuie sur plusieurs textes et documents de référence : la DCE, la loi sur l'eau et les milieux aquatiques (LEMA) et le schéma directeur d'aménagement et de gestion des eaux (SDAGE) (ou localement le schéma d'aménagement et de gestion des eaux (SAGE)).

La DCE fixe « des objectifs pour la préservation et la restauration de l'état des eaux superficielles (eaux douces et eaux côtières) et pour les eaux souterraines. L'objectif général est d'atteindre d'ici à 2015 le bon état des différents milieux sur tout le territoire européen » (portail eaufrance). Ceci implique donc de limiter les dégradations et destructions dans tous les compartiments de l'hydrosystème puis d'intervenir afin de rétablir leurs fonctionnalités lorsque celles-ci ont été altérées (Goetghebeur et Mangeot, 2010).

La loi sur l'eau de 1992, devenue la LEMA en 2006, est chargée de transposer en droit français la DCE afin d'atteindre les objectifs qu'elle a fixé, entre autres, le bon état des eaux.

La loi sur l'eau a créé deux nouveaux outils de planification : le SDAGE et les SAGE. Le SDAGE constitue le plan de gestion de la DCE et un document de planification pour une gestion équilibrée et durable de la ressource en eau. Ainsi, il fixe les orientations fondamentales que sont la restauration de la diversité écologique, la gestion de la végétation rivulaire, la limitation de la banalisation ou destruction des écosystèmes et la renaturation de zones humides détruites ou dégradées (Goetghebeur et Mangeot, 2010). En plus d'être un instrument juridique, il s'agit d'un document de référence pour toute personne désirant intervenir sur un cours d'eau. À l'échelle du sous-bassin, le SAGE précise les enjeux et les objectifs locaux d'aménagement en compatibilité avec les orientations du SDAGE. De plus, la loi n°2004-338 du 21 avril 2004 portant transposition de la DCE impose aux schémas de cohérence territoriale (SCOT) et aux plans locaux d'urbanisme (PLU) d'être compatibles avec les objectifs de protection définis par le SAGE.

Enfin, sont également mises en place des actions de protection et de mise en valeur des ripisylves (ou haies) par un classement selon leur importance et leur rôle. Les principaux critères de classement sont l'aspect continu des haies, la variété d'essences, les rôles de corridor écologique, de coupe vent et de rétention d'eau. L'article L123-1-7 du Code de l'Urbanisme déclare qu'un PLU peut « identifier et localiser les éléments de paysage et délimiter les quartiers, îlots, immeubles, espaces publics, monuments, sites et secteurs à protéger, à mettre en valeur ou à requalifier pour des motifs d'ordre culturel, historique ou écologique et définir, le cas échéant, les prescriptions de nature à assurer leur protection ».

### ***1.3. Définitions et objectifs de l'étude***

#### **1.3.1. Définitions de l'étude**

Une ripisylve est dite **diversifiée** lorsqu'elle présente des âges et des structures variés (multistratification, etc.) d'une part, et une diversité spécifique suffisante d'autre part. On entend par diversité spécifique « suffisante », l'implantation d'essences adaptées aux conditions écologiques du milieu (uniquement les espèces présentes à l'état naturel sur les berges). Ainsi, la monospécificité est à proscrire pour différentes raisons entre autres sanitaires (*Phytophthora alni*, vecteur de maladie chez l'Aulne glutineux) et la plurispécificité doit être utilisée à bon escient (considérer les espèces indigènes). De plus, « au niveau des habitats, plus l'hétérogénéité est grande dans l'espace et dans le temps, plus la diversité biologique est grande, et plus la résistance spontanée aux modifications et aux agressions, aussi appelée « résilience », est importante » (Forst, 2010). Enfin, « une ripisylve fournie (diversité d'essences) et variée (stratifiée) est un facteur favorable au bon fonctionnement écologique du cours d'eau. Elle constitue l'une des conditions de bon fonctionnement hydromorphologique du cours d'eau car contribue à une morphologie diversifiée. Un corridor

rievulaire non fragmenté est également le gage d'une continuité écologique assurée » (AERM, 2008 ; Forst, 2010).

Une ripisylve est qualifiée de **fonctionnelle** « lorsqu'elle assure ses divers rôles depuis les berges sans provoquer d'entraves majeures à l'écoulement » (Forst, 2010).

Aussi, le caractère fonctionnel d'une ripisylve est étroitement lié à sa diversité de structure et de composition. Ainsi, une ripisylve de référence présente une hétérogénéité de structure et de composition qui lui permet de remplir ses rôles.

Les termes « reconstitution », « restauration », « renaturation » peuvent se recouper ou se confondre et ainsi susciter des incompréhensions entre les différents utilisateurs. Il est donc important de lever l'ambiguïté et de choisir un terme adapté pour ce travail. D'après les documents des SDAGE et des programmes de mesures, la « reconstitution » est une forme de « renaturation » et semble être le terme le mieux approprié à ce travail. En effet, la reconstitution par plantations désigne l'action de « redonner au cours d'eau un certain nombre de fonctionnalités essentielles à son bon fonctionnement » (Cf. Glossaire sur le site internet de l'AERM). Le terme « restauration » désigne « les actions de réhabilitation de cours d'eau classiques » (Cf. Glossaire sur le site internet de l'AERM). Il s'agit de « mettre en place ou maintenir un compromis acceptable entre le fonctionnement écologique d'un cours d'eau et le maintien des écoulements ou des autres conditions nécessaires aux usages en vigueur sur ce cours d'eau » (Cf. Glossaire sur le site internet de l'AERM) (gestion de la ripisylve ou protection des berges), ce qui ne s'applique pas à l'étude qui s'intéresse à des actions de réhabilitation plus ambitieuses.

### **I.3.2. La reconstitution des ripisylves par plantations**

Dans le cadre de notre étude, l'objectif est de reconstituer une ripisylve sur les secteurs où elle a disparu mais il n'est pas question de compléter la végétation en place afin de la renforcer ou de la diversifier (Goetghebeur et Mangeot, 2010). Le constat d'une difficulté d'installation de la végétation amène à réfléchir sur comment reconstituer une ripisylve diversifiée et fonctionnelle sur des sites où elle est absente. De plus, il est important de préciser que la plantation ne doit pas être systématique. En effet, les ripisylves doivent occuper une surface suffisante afin d'assurer leurs fonctions et non pas être réduites à des îlots reliques n'ayant plus de signification sur le plan fonctionnel. Cependant, ceci n'implique pas de revégétaliser chaque portion de cours d'eau resté à nu. En effet, l'alternance de zones de lumière et de zones d'ombre est essentielle au bon état écologique des cours d'eau (Maridet, 1995). Autrement dit, les reconstitutions concernent les secteurs dégradés où la plantation de ripisylve est nécessaire afin de corriger les dysfonctionnements hydromorphologiques du cours d'eau.

Les guides de bonnes pratiques, de gestion et d'entretien des ripisylves sont déjà très largement répandus (guide technique AERM, guide technique AERMC, guide du ministère, etc.). Cependant, concernant les techniques de plantation de ripisylves, des lacunes restent à combler. Cette étude s'intéresse donc à la reconstitution par plantations des ripisylves, l'objectif étant de retrouver le plus rapidement des ripisylves diversifiées et fonctionnelles.

Dans ce travail, il est question de la reconstitution de ripisylve par plantations sur des sites où elle est absente mais pourtant nécessaire au bon fonctionnement hydromorphologique du cours d'eau. La reconstitution des ripisylves très altérées (n'assurant plus l'intégralité de ses fonctions au sein de l'hydrosystème) n'est pas abordée. De plus, ne seront pas traités les cas où l'on assiste une régénération naturelle pour la reconstitution d'une ripisylve fonctionnelle.

Afin d'atteindre les objectifs visés par la DCE, la plantation est certainement la technique la plus appropriée. En effet, au regard des exigences imposées par la DCE d'ici 2015, il devient urgent d'optimiser les processus de reconstitution par une bonne appréciation du facteur temps. Pour ce faire, il serait judicieux d'estimer le temps nécessaire par espèce pour atteindre une maturité suffisante lui permettant de remplir son rôle au sein de la ripisylve. La reconstitution des ripisylves par plantations permet un gain de temps que la nature n'est pas capable d'apporter. Il convient alors d'étudier ce qui a été fait dans le passé et de tirer les enseignements nécessaires pour le présent et le futur. Cependant, nous avons encore peu de recul dans ce domaine. Les retours d'expérience en matière de reconstitution des ripisylves par plantations sont à ce jour peu nombreux. En effet, les premières plantations de ripisylves ayant un objectif écologique datent de deux décennies tout au plus. Ainsi, c'est aujourd'hui que peuvent s'observer et être décrits les premiers résultats (succès et échecs) en matière de reconstitution. De plus, à l'époque, le suivi des travaux (reprise des plants,...) n'a pas toujours été rigoureux, ce qui rend encore plus difficile l'état des lieux sur ce qui a été fait. Ainsi, l'évaluation de ce qui est à conserver ou à proscrire en termes de reconstitution des ripisylves par plantations, est moins évidente. Enfin, à ce jour, il est complexe d'estimer le temps nécessaire à la reconstitution d'une ripisylve diversifiée et fonctionnelle. De plus, cette durée va dépendre de nombreux facteurs comme la nature du sol ou le type de plantation (haut de berge ou pied de berge, recul des clôtures ou protections individuelles, arbres de hauts jets ou boutures, etc.). Pourtant, il devient urgent d'établir un itinéraire technique précis (schémas de plantation, composition spécifique, qualité et quantité des plants...) assurant à la ripisylve plantée, la reconquête optimale de ses fonctions.

Dans cette étude, il s'agit donc de tenter d'apporter des préconisations en matière de reconstitution par plantations afin de garantir à la ripisylve l'acquisition de ses fonctions pour la reconquête du bon état écologique des cours d'eau (dans le cadre de la DCE).

Pour ce faire, un protocole de description des ripisylves est proposé permettant de comparer la ripisylve dite « naturelle » à la ripisylve reconstituée afin de repérer leurs différences et de définir les critères sur lesquels se baser afin d'entreprendre la reconstitution.

Cependant, « la taille des cours d'eau, la nature géologique des bassins versants, l'utilisation des sols riverains, l'entretien passé [et présent] des ripisylves, sont autant de facteurs de diversification de ces systèmes » (Dutartre, 1991). Autrement dit, il est essentiel de fixer ces différents paramètres afin de limiter l'étude à quelques types de cours d'eau uniquement.

# **PARTIE II : Le rôle de la ripisylve dans l'amélioration de l'état des cours d'eau**

---

## ***II.1. La ripisylve : un écosystème complexe et fragile***

### **II.1.1. Qu'est-ce qu'une ripisylve ?**

D'après la définition de l'Agence de l'eau Rhin-Meuse, il s'agit de « formations végétales qui se développent sur les bords des cours d'eau ou des plans d'eau situés dans la zone frontière entre l'eau et la terre (écotones). Elles sont constituées de peuplements particuliers du fait de la présence d'eau pendant des périodes plus ou moins longues (saules, aulnes, frênes en bordure, érables et ormes plus en hauteur, chênes pédonculés, charmes sur le haut des berges) ».

Cependant, il est important de s'entendre sur les définitions car plusieurs termes sont utilisés pour définir les formations ligneuses du bord des cours d'eau, entre autres : ripisylve, forêt alluviale, linéaire arboré, corridor forestier...

La ripisylve peut ainsi se définir : elle « abrite des écosystèmes forestiers dominés par des essences ligneuses, qui bordent le chenal principal et les chenaux secondaire; ils sont liés à la présence d'une nappe aquifère [...], et inondés de façon régulière ou exceptionnelle. Leur existence, leur composition floristique et leur extension spatiale sont dépendantes des écoulements phréatiques et superficiels et de l'immense quantité d'énergie due à ces écoulements qui, en se dissipant, peut bouleverser, modifier, restructurer, anéantir des formations ayant plusieurs décennies de présence. C'est un ensemble vaste et qui se subdivise en sous-systèmes écologiques souvent très spécifiques par leurs caractères structuraux [...], leur régime hydrique, leurs caractères géomorphologiques et pédologiques [...]. La ripisylve forme le compartiment « terrestre » de l'hydrosystème » (Piégay et al., 2003).

### **II.1.2. Rôles et intérêts de la ripisylve**

La nécessité du maintien et du développement de la végétation rivulaire pour l'amélioration de la qualité des cours d'eau n'est plus à démontrer aujourd'hui. Aussi, cette végétation riveraine occupe une place prépondérante dans l'objectif d'atteinte du bon état des cours d'eau imposé par la DCE. En effet, suite au manque de gestion (abandon) ou à la disparition (modernisation et spécialisation des exploitations agricoles, remembrements) des ripisylves, des problèmes essentiellement environnementaux (qualité écologique des cours d'eau), sociaux (inondations, érosions, valeur paysagère) et économiques sont aujourd'hui à résoudre.

## ***Fonction biologique***

Représentant une zone de transition (ou écotone) entre deux milieux, en plus de la dynamique fluviale (rajeunissement perpétuel des milieux et maintien d'un degré élevé de biodiversité), la variabilité des facteurs abiotiques (topographiques, pédologiques, hydriques,...) le long et en travers du cours d'eau, confère à la ripisylve une mosaïque d'habitats (Bertrand et al., 2001). Ainsi, elle abrite aussi bien des espèces inféodées à un des deux milieux que des espèces utilisant les deux, ce qui lui vaut une grande valeur patrimoniale (forte diversité floristique et faunistique). Cette diversité d'espèces constitue un véritable rempart contre les maladies (aulne) (Streito, 2002 ; AERM, 2007) et l'envahissement des espèces végétales exotiques (Muller, 2005 ; AERM, 2005). Dans l'hydrosystème, « la ripisylve apparaît donc comme une zone tampon entre milieu aquatique et milieu terrestre mais également entre l'homme et la nature » (Piégay et al., 2003). La ripisylve est un élément clé d'amélioration de la valeur écologique du paysage.

En plus d'être capable d'assurer les fonctions de reproduction et de survie (refuge, source de nourriture) des espèces, lorsqu'elle présente une continuité suffisante, elle joue le rôle de corridor biologique. La ripisylve forme donc « un corridor dynamique de largeur variable qui se complexifie vers l'aval où la mosaïque végétale devient plus diversifiée et étendue, favorisant la formation d'habitats de berges (encorbellement) » (Piégay et al., 2003). Par exemple, les troncs creux des arbres têtards, représentant une particularité paysagère, sont le refuge d'espèces cavernicoles. Les anfractuosités du tronc constituent en effet un abri précieux pour de nombreuses espèces animales. Des oiseaux cavernicoles (Rouge-queue à front blanc, chouette chevêche, ...) s'y installent pour nicher (PNRBSN, 2005).

Ainsi, elle permet les échanges avec les autres milieux naturels et stimulent les connexions entre eux. En effet, en permettant et favorisant la mobilité des espèces animales, la végétation rivulaire participe à la conservation (refuge, lieu de reproduction, source de nourriture), à la dynamique (migrations, déplacements entre les habitats fragmentés) et au brassage génétique des populations animales et végétales des systèmes fluviaux. Ce rôle de lien est donc à la fois structural (habitat) et fonctionnel (facilitation de mouvements) (Dufour et Piégay, 2004).

De plus, la ripisylve a un rôle non négligeable dans le fonctionnement des réseaux trophiques par ses apports de débris organiques et la limitation de la production primaire par son ombrage. En outre, un apport de matière organique dû à la décomposition des feuilles peut être source de matière en suspension ou d'eutrophisation des eaux.

Ainsi, du fait de l'existence d'une étroite interconnexion entre la ripisylve et le milieu aquatique, il n'est pas recommandé de gérer indépendamment le cours d'eau puis la ripisylve et inversement.

## ***Rôle de maintien des berges***

La ripisylve joue un rôle important dans le maintien des berges. En surface, le chevelu racinaire tapissant la berge amortit l'impact du courant sur la berge (par un ralentissement de la vitesse de courant (rugosité) en crue) et plus en profondeur, le système racinaire constitue

une structure protectrice, « véritable armature pour le sol » (Degoutte, 2006). De ce fait, les systèmes racinaires des arbres et des arbustes permettent de stabiliser, structurer et renforcer les berges, et ainsi de réduire les problèmes d'affouillement, d'érosion et de glissement (Pereira, 2009). La ripisylve participe donc à l'équilibre morphologique du cours d'eau car en l'absence de ces éléments stabilisateurs, les crues peuvent engendrer de gros dégâts aux berges. La protection naturelle des berges est d'autant plus efficace que les groupements végétaux rivulaires sont adaptés à l'ensemble des facteurs écologiques.

La protection contre l'érosion des berges est essentielle pour la préservation des milieux : rôle fondamental des systèmes racinaires qui peuplent les ripisylves (Piégay et al., 2003). Ceci afin de limiter l'apport de matière en suspension dans le cours d'eau ou la remise en suspension de nutriments et de polluants. Cependant, l'érosion participe à la dynamique fluviale par la création d'embâcles lors de l'arrachement des végétaux, par exemple.

### **Rôle de filtre**

Constituant le dernier rempart entre le milieu terrestre et le milieu aquatique, la ripisylve joue un rôle important dans les cycles biogéochimiques. Son effet tampon est mis à profit pour améliorer la qualité de l'eau. Elle a un rôle auto épurateur sur les flux polluants transitant par ruissellement vers le cours d'eau (produits phytosanitaires d'origine agricole). De plus, elle contribue au filtrage des eaux de la nappe des intrants provenant essentiellement des activités agricoles (Maridet, 1995). En effet, en période de végétation ou en période de basses eaux, les végétaux absorbent des éléments minéraux par leur système racinaire, ils sont ainsi capables de piéger les phosphates et éliminer les azotes par des processus biologiques actifs de fixation (Piégay et al., 2003). En période de hautes eaux, des conditions d'anaérobiose sont créées et le rôle de filtre est assuré par la dénitrification microbienne.

De plus, ce rôle de filtre est également une protection efficace contre la dérive des pesticides. Ainsi, ces milieux contrôlent activement la qualité de l'eau (Piégay et al., 2003)

« L'ensemble des recherches effectuées sur l'efficacité épuratoire de la ripisylve et des forêts alluviales font état de réduction de 50 à 100% des nitrates en fonction de la largeur et des caractéristiques de la bande boisée » (AERM, 2008). Cependant, il ne faut pas négliger le pouvoir épurateur exceptionnel de la zone hyporhéique (fond du cours d'eau) (Daltry, 2008). En effet, « la capacité d'autoépuration des cours d'eau est influencée par des paramètres tels que le débit, la vitesse du courant, la température et la géomorphologie. En règle générale, plus les interactions entre eau de surface et zone hyporhéique [...] sont diversifiées, plus la capacité d'épuration est développée. Ainsi la matière organique est plus rapidement dégradée lorsqu'elle est bloquée par des petits embâcles ou des blocs et en présence d'une alternance de radier et de mouille » (Forst, 2010).

Enfin, selon le type de cours d'eau et les pressions associées, l'importance de chaque fonction n'est pas la même. Par exemple, le rôle de filtre exercé par la ripisylve, n'a pas la même importance pour un cours d'eau en bordure de prairie (généralement peu ou pas amendée) que pour un cours d'eau traversant une zone cultivée (régulièrement traitée aux phytosanitaires). La ripisylve a des fonctions essentielles, ainsi sa destruction est un des facteurs principaux du dysfonctionnement hydromorphologique des cours d'eau.

### ***Rôle microclimatique***

La ripisylve est génératrice d'un microclimat (Lecerf, 2010). L'alternance de zones éclairées et ombragées le long du cours d'eau est bénéfique au cycle de développement de certaines espèces (Calandre et Jacono, 2006). Tout d'abord, l'ombrage amené par la végétation riveraine limite l'évaporation et l'élévation de la température (estivale) de l'eau contrôlant ainsi le développement d'algues (réduction de l'eutrophisation), permettant alors la présence d'une faune piscicole (AERM, 2008). Ensuite, la présence d'éclairement, tout aussi importante, favorise le développement de la microfaune et de la microflore du cours d'eau. S'ajoute à cela, un effet de brise-vent qui freine l'érosion éolienne et protège les cultures (AERM, 2008).

### ***Fonction hydrologique***

Leur rôle de peigne limite le transfert des sédiments de la plaine vers le lit mineur ainsi que le transport des débris vers l'aval. Il s'agit d'un phénomène de dissipation d'énergie hydraulique. Les parties aériennes des végétaux sont très efficaces pour diminuer la vitesse du courant et la puissance érosive de l'eau lors des crues (Bessaguet et al., 2000).

La ripisylve joue aussi un rôle majeur de ralentisseur de l'onde de crue, contribuant aussi à la rétention normale de sédiments (diminuant le risque de surcreusement des rivières qui peuvent entraîner une baisse de la nappe). Néanmoins, lorsqu'il y a un déficit de charge solide (après une coupure de méandre, un barrage, etc.), en stabilisant les berges, la ripisylve contraint le cours d'eau, ce qui l'oblige à creuser son lit.

Même si elle est la source de matériaux (branches, feuilles) qui risquent de faire embâcle en aval, elle est capable d'en bloquer d'autres venant de l'amont.

De plus, « la succession d'avancées et de concavités au niveau des arbres [ou les embâcles créés par les branchages ou troncs] contribue à abaisser la vitesse et parfois à contrarier le sens du courant à proximité de la berge » (Pereira, 2009). Le dépôt d'éléments fins y est favorisé, permettant ainsi l'installation de frayères (diversité d'habitats).

### ***Fonction économique et sociale***

Constituant une zone de transition entre le milieu aquatique et le milieu terrestre, la ripisylve est un élément structurel du paysage. En effet, « elle est importante dans la perception globale du paysage car ces effets d'écran et de diversification sont essentiels dans des secteurs marqués par l'urbanisation et l'agriculture » (Cossin et Girel, 2003). Au sein d'un paysage, un cours d'eau présentant un cordon rivulaire détermine « une ligne de force qui structure et attire le regard » (Cossin et Girel, 2003).

De plus, elle constitue un cadre de vie agréable, améliore le caractère touristique de certains sites (loisirs) et contribue à la diversification du paysage. Ainsi, ses qualités esthétiques et paysagères, et sa proximité avec l'eau lui confère une valeur récréative.

En plus de l'aspect paysager, la ripisylve a de réelles fonctions économiques et sociales car prévient des inondations, contribue au phénomène d'autoépuration des eaux (contre les pollutions agricoles entre autre) et lutte contre l'érosion des terres agricoles (Combe, 2003). De plus, certaines essences précieuses comme le Merisier augmentent la valeur économique de la ripisylve. Cependant, la fonction principale de la ripisylve n'est pas de produire du bois.

Ainsi, la ripisylve a un rôle déclinant en tant que ressource pour le riverain mais a un rôle plus complexe, celui de générateur de services pour la collectivité dans son ensemble (par son fonctionnement et les usages dont on en fait).

### **II.1.3. Composition et structure de la ripisylve**

Confrontée à des conditions du milieu très contrastées, la ripisylve est capable de développer des mécanismes de résistance (système racinaire) et de résilience (forte faculté de réitération et multiplication végétative). Ces adaptations écophysiologicals lui permettent de se maintenir dans son environnement. La dynamique fluviale (périodicité et intensité des crues, érosion, etc.) définit alors la composition et la structure de ce milieu qui est naturellement rajeuni et en perpétuel renouvellement (Schnitzler et al., 2003).

Schnitzler et al. (2003) soulignent « l'importance fondamentale de la dynamique fluviale sur la répartition spatio-temporelle des éco-complexes alluviaux ». Ainsi, la structuration de la végétation rivulaire dépend principalement de trois facteurs abiotiques : les différences topographiques locales, le gradient d'intensité et de fréquence des inondations et la nature du substratum. Ces facteurs à l'origine de la zonation transversale de la végétation forment un continuum dans la ripisylve (Schnitzler et al., 2003). De ce fait, comme Dufour et Piégay (2004) l'expliquent, « la conjonction de ces trois facteurs et du facteur temporel de succession végétale se traduit par un patron complexe de biotopes avec des potentialités et contraintes différentes et donc par une mosaïque végétale diversifiée ».

La végétation peut s'installer lorsque « les remaniements périodiques des sédiments résultant de la dynamique fluviale sont entrecoupés de périodes de stabilité » (Schnitzler et al., 2003). Cette mise en place des groupements végétaux s'effectue par stades successifs et typiques (Schnitzler et al., 2003). Ce sont tout d'abord les herbacées pionnières qui colonisent le milieu. Il s'agit d'espèces opportunistes à fort pouvoir de propagation et de régénération. Apparaissent ensuite, les pionniers arbustifs dominés par les essences héliophiles (notamment les saules) puis les essences pionnières longévives (comme l'Aulne glutineux) qui sont des essences de bois tendre. Il s'agit d'espèces tolérantes ou résistantes, avec un système racinaire développé et à fort pouvoir de multiplication végétative (par drageonnage, bouturage ou rejet de souche). Si la période de stabilité est suffisamment longue, les essences post-pionnières arborées de bois dur (Frêne, Chêne, Érable,...) peuvent s'installer et former la forêt alluviale (Schnitzler et al., 2003).

#### **II.1.4. Conclusion**

C'est un milieu fragile et facilement dégradable. Pourtant si stables aux échelles spatio-temporelles les plus larges, ils souffrent des actions anthropiques souvent drastiques et conduisant à des perturbations irréversibles. Par exemple, suite à certains travaux hydrauliques engendrant l'érosion du fond du lit, de nombreux cours d'eau se retrouvent incisés aujourd'hui. Cette altération est à l'origine de la baisse de la nappe d'accompagnement entraînant des modifications de berges et des durées d'inondation, ce qui affecte la structure de la ripisylve.

Ainsi, lorsqu'une ressource naturelle se raréfie, sa valeur sociale et économique augmente. De ce fait, il s'agit de maintenir à la fois la capacité de développement des sociétés riveraines, l'utilisation optimale des ressources existantes et la qualité de la vie et de l'environnement (Piégay et al., 2003).

C'est pourquoi une attention toute particulière est portée à sa préservation, à sa restauration et à sa reconstitution. Cependant, étant donné la complexité et l'imprévisibilité (évolution de la ripisylve très dépendante du fonctionnement du cours d'eau) de cet écosystème, il est donc important « d'identifier les conditions optimales de l'habitat et la manière dont les ripisylves peuvent se pérenniser. Face à l'instabilité des biotopes, une stabilité des communautés peut être conservée » (Piégay et al., 2003).

## ***II.2. Méthodes existantes ou naissantes d'analyse de l'état des cours d'eau***

### **II.2.1. Outil SYRAH-CE et protocole AURAH-CE**

L'outil SYRAH-CE est un projet d'évaluation du fonctionnement hydromorphologique des cours d'eau en fonction des contraintes exercées le long des cours d'eau.

Au regard des exigences lancées par la DCE, le MEDDTL, l'ONEMA et les agences de l'eau ont demandé au CEMAGREF (pôle Hydro-Écologie de Lyon) de fournir un système afin d'évaluer le niveau d'altération des processus hydromorphologiques de fonctionnement des cours d'eau (Chandesris et al., 2008) (Annexes 1 et 2). Il s'agit d'un outil qui doit s'adapter à l'avancée des connaissances sur les relations entre pressions physiques et état écologique, d'une part et d'autre part aux changements de pressions sur les cours d'eau (suite au succès de programmes de restauration par exemple).

L'objectif majeur de l'audit est « de détecter les altérations hydromorphologiques (de processus et de structure) directement associées à la dégradation de l'état écologique du cours d'eau, notamment par la détérioration des habitats aquatiques et rivulaires » (Chandesris et al. 2007).

Cet outil permet une analyse à grande échelle d'une part et une analyse à l'échelle du tronçon, d'autre part. La sectorisation hydromorphologique a été faite sous SIG et la discrimination des tronçons s'est faite à l'aide de quatre caractéristiques : la largeur du fond de vallée alluvial, la forme du fond de vallée, l'hydrologie et la nature du substrat (Valette et al., 2008).

La première échelle permet de repérer les aménagements et usages à une précision limitée (étude globale), insuffisante pour poser un diagnostic précis des dysfonctionnements, permettant toutefois de disposer d'une vision globale.

La seconde échelle permet de décrire les aménagements et usages, à un niveau de précision plus compatible avec la recherche des causes de dégradation de l'état écologique des cours d'eau (étude plus locale). Pour l'interprétation de ces causes, il est nécessaire d'avoir les caractéristiques géomorphologiques du tronçon afin de connaître les pressions à l'origine de dysfonctionnements morphologiques. Valette et al. (2008) rappellent l'objectif de la sectorisation en tronçon géomorphologiques homogènes qui est « la création d'une base de données qui puisse servir de référentiel aux études futures de restauration ». Les tronçons SYRAH sectorisés ont également été découpés en unités spatiales de recueil et d'analyse (USRA). En effet, comme l'expliquent Chandesris et al. (2008) dans leur ouvrage sur les principes et méthodes de l'outil SYRAH, « le recueil des informations s'effectue à une échelle inférieure à celle du tronçon géomorphologique afin de garantir une bonne précision et une certaine homogénéité de taille à ce niveau de restitution ». Ce système évalue les taux de végétation dans des *buffers* de 10 mètres (rideau d'arbres) et de 30 mètres (ripisylve).

Cependant, l'appréciation directe des altérations de structure par imagerie est pratiquement impossible, c'est pourquoi, il est nécessaire d'engager des mesures ou des descriptions de terrain comme le protocole d'audit rapide de l'hydromorphologie des cours d'eau (AURAH-CE) propose depuis peu de temps. Ce protocole, récemment élaboré par l'ONEMA et le CEMAGREF, mais encore non validé, a pour objectif de compléter les données relatives aux pressions anthropiques et aux risques d'altération du fonctionnement hydromorphologique des cours d'eau, déterminées par le projet SYRAH-CE (Valette et al., 2010). En effet, certaines informations ne peuvent être obtenues dans les grandes bases de données nationales (Corine Land Cover, etc.) et doivent être mesurées sur le terrain à l'échelle stationnelle (recalibrage, curage, colmatage, incision, etc.).

## **II.2.2. Protocole CARHYCE**

Le protocole CARHYCE apporte des informations objectives mesurées sur les caractéristiques hydromorphologiques du cours d'eau et donne une image descriptive de celui-ci. Ce protocole s'applique à l'échelle de la station sur le réseau de contrôle et de surveillance (RCS) (dans le cadre du programme de surveillance DCE) (ONEMA, 2009). Il a pour objectif « d'apporter des informations qui serviront à évaluer l'impact des pressions et à replacer les mesures biologiques dans leur contexte physique local, le contexte physique global étant apprécié par ailleurs aux moyens de la typologie des tronçons et des données SYRAH-CE » (ONEMA, 2009). Ces stations RCS doivent être choisies pour offrir une image statistique représentative des cours d'eau afin « d'améliorer l'interprétation des données de pressions collectées dans le cadre de l'état des lieux, de concevoir les futurs programmes de surveillance, et d'évaluer les changements à long terme des conditions naturelles et des activités humaines » (ONEMA, 2009). Dans ce protocole, la ripisylve est décrite par sa stratification, son type de végétation, son épaisseur et sa continuité longitudinale.

### **II.2.3. Lien entre SYRAH et CARHYCE**

Ces deux systèmes, bien qu'ayant des objectifs différents, se complètent. Il est possible de combiner les différentes données, informations à échelle stationnelle (sur le terrain) et à échelle plus large (Roussel et al., 2009). En effet, à partir des mesures de terrain menées par CARHYCE, il devrait être possible de « remonter » à l'échelle du tronçon (SYRAH) pour identifier les pressions possibles. En élargissant encore l'analyse, on devrait pouvoir mettre en évidence la pression sur laquelle il faut agir en priorité pour restaurer le cours d'eau.

# **PARTIE III - Matériel et méthodes**

---

## ***III.1. Approche classique de description d'« état » de la ripisylve à l'échelle stationnelle***

### **III.1.1. Présentation de la zone d'étude**

#### **III.1.1.1. Échelle de la zone d'étude**

Le choix de l'échelle doit être adapté à l'objectif de l'étude. De ce fait, l'échelle du bassin hydrographique est trop large tout comme celle de la masse d'eau, pourtant unité de synthèse pour l'évaluation DCE. De plus, l'échelle du tronçon de cours d'eau (au sens de SYRAH-CE : unité d'analyse homogène géomorphologique) reste trop étendue pour une description complète de la ripisylve. Ainsi, seule l'échelle stationnelle (au sens de CARHYCE) est appropriée.

#### **III.1.1.2. Délimitation de la zone d'étude**

L'étude se limite aux cours d'eau de plaine à lit peu mobile de la région lorraine et plus particulièrement aux départements de Meurthe-et-Moselle (54) et Moselle (57). Les zones humides, les annexes hydrauliques et les grands cours d'eau (et canaux) navigables sont exclues de la zone d'étude. En concertation avec l'Agence de l'eau Rhin-Meuse et pour les besoins de notre étude comparative, trois cours d'eau de typologie différente, ont été sélectionnés. D'après la typologie des cours d'eau du bassin Rhin-Meuse, basée sur les caractéristiques géologiques, hydrauliques et géomorphologiques (Heidmann et al. 1998) :

- l'Esch : un cours d'eau de côtes calcaires et marno-calcaires,
- le Madon : un cours d'eau de plateaux calcaires et marno-calcaires,
- la Nied-Réunie : un cours d'eau de plaine et de collines argilo-limoneuses.

Ils ont en commun d'avoir fait l'objet de programmes de plantation dans les années 1990. À l'origine, l'étude prévoit de s'intéresser uniquement aux cours d'eau d'une largeur comprise entre 2 mètres et 20 mètres, seulement, cette condition a été reconsidérée car le Madon atteint une quarantaine de mètres sur certains secteurs. De plus, seules les portions de cours d'eau situées hors forêt sont considérées, évitant ainsi la recherche de limites entre la ripisylve et la forêt alluviale.

### **III.1.2. Protocole de description de la ripisylve**

#### **III.1.2.1. Méthode d'échantillonnage**

##### ***III.1.2.1.1. Exploitation des archives : s'appuyer sur les données du passé***

L'exploitation des archives (dans lesquelles sont rassemblés les documents relatifs aux programmes de plantation) de l'agence de l'eau Rhin-Meuse s'est révélée

insatisfaisante. En effet, les informations relevant des conditions de plantation (diagnostic de l'état de la ripisylve avant plantation, schéma de plantation, quantité et qualité des plants, etc.) et de suivi (reprise des plants, etc.) sont le plus souvent insuffisantes. Pourtant, l'accès au diagnostic de l'état de la ripisylve des secteurs à planter, aurait été l'opportunité d'utiliser les données du passé afin de les comparer à nos données actuelles collectées sur ces mêmes sites, ceci afin de juger la réussite de la plantation. Les méthodes de description et de diagnostic employées dans le passé ne sont plus les mêmes qu'aujourd'hui. Par ailleurs les bureaux d'études en charge des diagnostics de milieux avant travaux, employaient des méthodologies hétérogènes et pas suffisamment précises. Autrement dit, reprendre le travail réalisé dans le passé pour l'appliquer au présent n'est pas envisageable, « *on ne peut en effet comparer que des éléments comparables* » (Le Gal al., 2000).

Toutefois, ces documents ont permis de localiser les portions de cours d'eau plantées dans le passé et celles exemptes de travaux de reconstitution sur l'Esch. Pour repérer les différents sites sur le Madon et la Nied Réunion, nous avons procédé à une simple prospection le long du cours d'eau. Pourtant, cette alternative est moins fiable car il est difficile d'évaluer l'âge de la plantation et de repérer les sites plantés dans le passé car la végétation s'est développée. De plus, sans document d'archive, il n'est pas toujours possible de déterminer les maîtres d'œuvre, à l'origine des programmes de plantation.

#### *III.1.2.1.2. Sélection des stations*

Sur chacun des cours d'eau, deux types de stations sont décrites : les stations avec ripisylve « naturelle » et les stations avec ripisylve « plantée ».

Les stations avec ripisylve « naturelle » n'ont fait l'objet d'aucune reconstitution mais ont pu subir des travaux d'entretien. Ces ripisylves pas ou peu anthropisées sont assimilables à un état de référence (au sens de la DCE).

Les cours d'eau sélectionnés présentent des portions qui ont été plantées dans le passé. C'est sur ces secteurs que les stations avec ripisylve dite « plantée » sont choisies et décrites. Elles doivent présenter, sur au moins une des deux rives, des individus plantés supérieurs en nombre, aux individus spontanés naturels.

Nous avons fait le choix de travailler sur un échantillon de 30 stations, en prenant soin de sélectionner le même nombre de stations par type, pour chaque cours d'eau :

- 12 stations (6 avec ripisylve « naturelle » et 6 avec ripisylve « plantée ») sur l'Esch (Annexe 3),
- 10 stations (5 avec ripisylve « naturelle » et 5 avec ripisylve « plantée ») sur le Madon (Annexe 4)
- 8 stations (4 avec ripisylve « naturelle » et 4 avec ripisylve « plantée ») sur la Nied Réunion (Annexe 5).

Le travail aurait été plus complet si l'échantillon de stations avait été plus important mais dans le temps alloué pour le stage, faire plus de relevés n'était pas envisageable.

De plus, les stations ont été choisies (autant que possible) systématiquement par tronçon SYRAH afin d'étudier parallèlement les différences de mesures des surfaces de végétation observées à partir de l'outil et calculées à partir de relevés de terrain. Enfin, nous

avons évité les stations soumises à un effet de seuil (cas du Madon) et les stations particulières non représentatives du cours d'eau.

### III.1.2.2. Démarche générale

L'élaboration d'un tel protocole a pour objectif de comparer les stations caractérisées par une ripisylve dite « naturelle » avec celles représentées majoritairement par une ripisylve plantée, grâce à l'analyse des données acquises sur le terrain. Ainsi, par l'évaluation de ces différences, seront déterminés les critères sur lesquels se baser pour la reconstitution d'une ripisylve diversifiée et fonctionnelle.

Il n'est pas possible d'établir si les travaux de reconstitution de ripisylve ayant eu lieu à l'époque ont permis de corriger les dysfonctionnements hydromorphologiques du cours d'eau (à l'origine de la mise en place de programmes de plantation). En effet, s'inspirer du protocole AURAH-CE, afin d'effectuer des mesures simplifiées de pressions et d'altérations du fonctionnement du cours d'eau sur nos stations, n'est pas envisageable car les méthodes employées nécessitent un matériel (GPS couplé à un ordinateur) qui était indisponible dans le cadre de notre étude. De plus, l'utilisation des tronçons SYRAH était convenue au départ afin d'associer l'état de la végétation de berge aux altérations de structures et de processus hydromorphologiques des cours d'eau. Cependant, le découpage des tronçons n'a pas été fait en fonction de l'état de la végétation rivulaire. Ces données ne sont donc pas utilisables pour ce type d'étude.

S'ajoutent à cela, peu de retours d'expérience sur les plantations de ripisylves ainsi qu'un problème de récolement des travaux et des suivis de plantation (mis en évidence lors de l'exploitation des archives). De ce fait, nous avons fait le choix d'aborder l'aspect fonctionnel de la ripisylve à travers certains critères descriptifs.

### III.1.2.3. Protocole inspiré et simplifié de CARHYCE

Le protocole CARHYCE a une approche stationnelle et permet de relever des grandeurs hydromorphologiques. Cependant, il est uniquement mis en pratique sur les stations RCS. Seule la station de l'Esch (à Martincourt) a été étudiée avec CARHYCE en 2010, par l'ONEMA. Dans le temps imparti à l'étude, il était impossible de mettre en œuvre ce protocole sur l'ensemble des stations à décrire. Ainsi, nous avons mis en place un protocole de description de la ripisylve inspiré et simplifié de CARHYCE.

Dans le protocole CARHYCE, les longueurs des stations sont de l'ordre de 14 fois la largeur à pleins bords et doivent présenter une séquence complète des différents types de faciès d'écoulement (radier/plat/mouille). De plus, la plupart des mesures s'effectuent par transect. De ce fait, 15 transects sont répartis régulièrement sur la station, avec un espacement égal à une largeur à pleins bords. Ce procédé de mise en place de la station a été repris dans notre protocole. Néanmoins, il n'a pas toujours été possible de rencontrer une séquence complète d'écoulement sur la station. De plus, nous avons travaillé par transect uniquement pour décrire les caractéristiques du lit (largeurs) et des berges (nature, pente, hauteur et habitats caractéristiques). Ce sont donc principalement les techniques de mesure des grandeurs hydromorphologiques qui ont été empruntées au protocole CARHYCE.

Concernant l'étude de la ripisylve, nous avons fait le choix de la décrire sur l'ensemble de la station, sur les deux rives et non par transect comme le prévoit CARHYCE, afin de bénéficier d'une analyse détaillée.

### **III.1.3. Collecte des données**

#### **III.1.3.1. Sélection des descripteurs**

Chacun des compartiments de l'hydrosystème (lit mineur, lit majeur, berge, végétation riveraine) est décrit à l'aide de paramètres, sur chaque station. Tous les compartiments sont concernés par l'analyse car sont interdépendants. Cependant, nous avons fait le choix d'évaluer ces différences sur la base d'une description détaillée du compartiment « ripisylve ». Il s'agit d'une approche classique de description d'« état » à la seule échelle de la station.

De ce fait, nous avons principalement intégré à la fiche de terrain les descripteurs d'état des constituants de la ripisylve. Cependant, comme l'indique Chandesris et al. (2008), « la majorité des approches opérationnelles existantes se caractérise par un nombre important de descripteurs d'état dont la redondance, la pertinence individuelle et la nature du phénomène réellement décrit (cause ou conséquence, altération de processus ou forme d'habitat) interrogent quant à leur efficacité ». Il est donc important d'être vigilant dans les choix de ces descripteurs.

Ces descripteurs seront évalués sur le terrain soit qualitativement, soit quantitativement. Les mesures qualitatives avec l'utilisation de classes, sont souvent « à dire d'expert » donc exposées à des problèmes d'interprétation et des biais entre opérateurs. Les mesures quantitatives sont effectuées avec des méthodes plus précises (mesures directes des paramètres sur le terrain) mais sont plus consommatrices de temps.

L'objectif reste tout de même de disposer de données descriptives d'état avec une limitation maximale du recours à l'expertise afin d'obtenir un jeu de données quantitatives suffisant pour l'analyse des données.

COMPARTIMENT DE L'HYDROSYSTÈME	DESCRIPTEURS	NATURE DES DONNÉES	OBJECTIF DE MESURE
BERGE	NATURE DES MATÉRIAUX CONSTITUTIFS	QUAL.	ÉROSION ET MOBILITÉ DU LIT
	PENTE	QUAL.	CARACTÉRISTIQUES PHYSIQUES DU COURS D'EAU/ ÉROSION ET MOBILITÉ DU LIT/ PRESSION ANTHROPIQUE
	HAUTEUR A PLEINS BORDS	QUANT.	
	HABITATS CARACTÉRISTIQUES	QUAL.	DIVERSITÉ D'HABITAT
LIT MINEUR	LARGEUR MOUILLÉE	QUANT.	CARACTÉRISTIQUES PHYSIQUES DU COURS D'EAU
	FACIÈS D'ÉCOULEMENT	QUAL.	DISFONCTIONNEMENT HYDROMORPHOLOGIQUE/ MACRO-DESCRIPTEUR DE DIVERSITÉ DES HABITATS AQUATIQUES
	TRACÉ DU LIT	QUAL.	PRESSION ANTHROPIQUE
	AMÉNAGEMENT ANTHROPIQUE	QUAL.	
LIT MAJEUR	OCCUPATION DU SOL	QUAL.	PRESSION ANTHROPIQUE
	PRÉSENCE DE ZONES HUMIDES	QUAL.	DIVERSITÉ D'HABITATS/ INTÉRÊT PATRIMONIAL DU MILIEU
RIPISYLVE	ÉLÉMENT PAYSAGER (HAIE OU INDIVIDU)	QUAL.	COMPOSITION, STRUCTURE ET IMPORTANCE DE LA RIPISYLVE
	ESPÈCE(S)	QUAL.	
	STRATE (ARBORESCENTE OU ARBUSTIVE)	QUAL.	
	DISTANCES ENTRE INDIVIDU	QUANT.	
	DISTANCE AU PIED DE BERGE	QUANT.	
	DIAMÈTRE	QUANT.	
	NOMBRE DE BRINS/DIAMÈTRE MOYEN DES BRINS PAR CÉPÉE	QUANT.	
	HAIE : LONGUEUR/LARGEUR	QUANT.	
	TYPE DE VÉGÉTATION (PLANTÉE OU SPONTANÉE)	QUAL.	
	IMPORTANCE DE LA RIPISYLVE	QUANT.	
	CONTINUITÉ DE LA RIPISYLVE	QUAL.	
	EMBÂCLES	QUANT.	
ÉCLAIREMENT DU LIT	QUAL.		

**Tableau 1** : Nature et objectifs de mesure des descripteurs (Source : Hayot)

Faute de moyen et de temps, certaines mesures ont dû être abandonnées. Ainsi, la hauteur des arbres (dynamique de croissance) ou encore le recouvrement des houppiers (rôle d'ombrage) n'ont pu être évalués. De même, les mesures de profondeur des cours d'eau ou encore la description de la strate herbacée n'ont pas été intégrées au protocole.

### III.1.3.2. Élaboration de la fiche de terrain

Au préalable, la fiche est testée sur le terrain afin d'évaluer la faisabilité (accessibilité) du travail et de s'assurer qu'il ne soit pas trop chronophage.

Parfois, certains imprévus peuvent tout de même se produire. De ce fait, la fiche de terrain (Annexe 6) doit être adaptable car des alternatives sont parfois à envisager.

## **III.2. Méthodes d'analyse comparative des données**

### **III.2.1. Des méthodes descriptives**

#### **III.2.1.1. Analyse en composantes principales**

L'analyse en composantes principales (ACP) est une méthode descriptive multidimensionnelle dont l'objectif est de représenter sous forme graphique l'essentiel de l'information contenue dans le tableau de données quantitatives initiales (Annexe 7). Pour ce faire, elle définit des composantes principales (ou axe factoriel) qui sont des combinaisons linéaires avec les variables initiales, afin de réduire le nombre de variables utilisées pour décrire notre ensemble de données. En général, une telle réduction provoque une perte d'information mais l'ACP procède de façon à ce qu'elle soit la plus faible possible.

Une commande du logiciel R renvoie le graphe des valeurs propres (ou pouvoirs de synthèse) associées à chaque axe factoriel (Annexe 8). En nous basant sur le critère de Kaiser, nous décidons de ne sélectionner que les axes dont la valeur propre est supérieure à 1, autrement dit, les six premières composantes principales. En retenant ces axes, 80% de variance est expliquée. Cependant, pour l'analyse des données, nous étudierons essentiellement le plan factoriel principal (axes 1 et 2) car le pouvoir de synthèse des deux premiers axes est nettement supérieur aux autres. La première composante principale explique 26% de l'information contenue dans le tableau initial. En effet, elle capture le maximum d'inertie du tableau des données, la variance des individus est maximale mais il reste un résidu non expliqué. C'est sur ce résidu qu'est calculée la deuxième composante principale qui représente un complément, une correction de la première.

Ainsi, on étudie l'importance respective de chaque variable et chaque station dans la construction des axes à partir des tableaux de diagnostic de l'ACP (Annexe 9), ceci afin de faciliter leur interprétation. On retient pour l'interprétation, les variables et les stations dont la contribution est supérieure à la contribution moyenne ( $1/n$  avec  $n$ , le nombre de variables ou de stations), autrement dit à 5,9 % environ pour les variables et 3,3% pour les stations. En effet, ce sont ces variables et ces stations qui sont les mieux représentées et qui permettent de donner un sens à l'axe. Le logiciel R permet de visualiser la corrélation entre chaque variable et une composante principale. L'analyse de ces relations permet de définir le signe de contribution de la variable à l'axe puis de déterminer graphiquement les variables les plus corrélées à l'axe. Lorsqu'une contribution est très forte par rapport à d'autres qui sont pourtant au-dessus du seuil, la variable ou la station détermine l'axe presque exclusivement. De plus, il convient de n'utiliser que les variables avec les flèches les plus longues et les stations les plus éloignées du centre du nuage de points car ce sont elles les mieux représentées par les axes.

L'importance que prennent les variables dans le calcul des composantes principales est fonction de leur ordre de grandeur. Autrement dit, une variable ayant un écart-type important aura plus de poids qu'une variable de faible écart-type. Ainsi, après avoir visualisé les principaux indicateurs des variables quantitatives (Annexe 10), nous avons fait le choix de les centrer et réduire (Annexe 11) pour les rendre comparables entre elles.

L'ACP permet donc d'explorer les liaisons entre les variables et les ressemblances entre les stations.

De plus, afin d'apporter une information supplémentaire, sont ajoutées des variables qualitatives (Annexe 12) dites illustratives ou explicatives. Ainsi, l'ACP aide à formuler des hypothèses qu'il conviendra de vérifier par des études statistiques. Cette méthode va nous permettre d'évaluer les différences entre les ripisylves « naturelles » et « plantées » puis de repérer les variables qui influencent cette distribution.

Nous avons vérifié au préalable, la distribution des variables (distribution symétrique pour une meilleure qualité d'ACP) et leurs relations (relations linéaires pour une meilleure qualité d'ACP). Enfin, la matrice des corrélations linéaires apportent une information sur le lien entre chaque variable et permet de vérifier si les variables sont suffisamment corrélées ou qu'il n'y a pas de corrélation partielle trop importante, auquel cas il convient de supprimer les variables de l'analyse.

Pour réaliser l'ACP centrée réduite, nous avons utilisé le logiciel R et le paquet ade4 (Annexe 13).

#### III.2.1.2. Histogramme : étude de la composition spécifique des ripisylves

Afin d'étudier la composition spécifique des ripisylves, nous avons tout d'abord calculé à partir du nombre de pieds (haie comprise), la proportion relative de chaque espèce, par station. Par la suite, un pourcentage moyen de présence de chaque espèce a été calculé par type de station, pour chacun des cours d'eau, ce qui nous a permis de sélectionner les espèces les mieux représentées. Cependant, se fixer un seuil de représentativité de l'espèce à l'échelle de la station n'est pas envisageable, notamment pour les ripisylves plantées dont une grande partie des espèces présente une faible abondance (de l'ordre de 1%). De ce fait, nous avons choisi, pour les deux types de station et par cours d'eau, les dix espèces les plus abondantes.

Ainsi, nous obtenons, par cours d'eau, une composition spécifique pour les ripisylves « naturelles » et les ripisylves « plantées ». Différentes comparaisons sont alors possibles :

- Comparaison de la composition spécifique des ripisylves naturelles entre cours d'eau
- Comparaison de la composition spécifique des ripisylves plantées entre cours d'eau
- Comparaison de la composition spécifique des ripisylves naturelles et plantées, à l'échelle de chaque cours d'eau

#### III.2.1.3. Boîte à moustache : étude de l'implantation des espèces

L'étude de l'implantation des espèces sur le profil de berge, s'est réalisée sur l'ensemble des trois cours d'eau afin d'utiliser des échantillons d'individus suffisamment grands. Il s'agit d'évaluer les différences d'implantation entre l'espèce présente naturellement et l'espèce plantée, à partir des distances au pied de berge relevées sur le terrain. Pour ce faire, nous avons réalisé, avec le logiciel R, des boîtes à moustaches, afin de représenter de façon simplifiée la dispersion des données et d'avoir un aperçu de leur variabilité.

Dans le cadre de notre étude, nous avons fait le choix de nous appuyer uniquement sur les représentations graphiques même si une étude statistique est attendue pour valider ou non les observations faites.

De plus, cette comparaison s'est faite sur des échantillons d'individus de taille variable, seulement, il n'était pas envisageable de faire une sélection d'individus pour obtenir les mêmes effectifs dans chacun des échantillons.

### **III.2.2. Des méthodes statistiques**

Nous utilisons l'analyse de la variance (ANOVA) ou le test non paramétrique de Kruskal-Wallis afin de valider statistiquement certaines hypothèses formulées par l'ACP. L'analyse de la variance permet d'étudier le comportement d'une variable à expliquer continue en fonction d'une ou plusieurs variables explicatives. Elle est réalisée avec le logiciel Minitab.

Pour effectuer une ANOVA (Annexe 14), deux hypothèses fondamentales doivent être vérifiées : la normalité de la distribution et l'homogénéité des variances. Dans le cas contraire, on utilise le test de Kruskal-Wallis (Annexe 15).

### **III.2.3. Création et sélection des variables**

L'ensemble des données qualitatives et quantitatives collectées par station, lors de la phase de terrain, sont rassemblées, saisies puis organisées sous EXCEL. Trois tableaux sont obtenus : le premier regroupant les renseignements généraux (par station), le second centralisant les données concernant les caractéristiques physiques du cours d'eau (par transect) et le dernier réunissant les données de végétation. Les données manquantes et les données inutilisables pour l'analyse sont supprimées.

Une fois la base de données créée et nettoyée, les données brutes sont transformées, de nouvelles informations sont obtenues et les variables utilisées pour l'analyse des données sont sélectionnées.

Ainsi, à partir des données brutes du tableau, nous avons calculé plusieurs variables, de deux types : des variables quantitatives (ou critères) et des variables qualitatives (ou facteurs).

#### **III.2.3.1. Les variables quantitatives**

17 variables quantitatives ont été créées afin de réaliser l'étude comparative. Le tableau de données comportant les valeurs de ces variables pour chaque station est celui utilisé pour l'ACP.

		Abréviation (logiciel R)
<b>VARIABLES QUANTITATIVES</b>	Richesse spécifique	rich.spe
	Indice de Shannon	shannon
	Équitabilité	equitabilite
	% Absence d'habitat caractéristique	abs.habitat
	% Sous-berge	sous.berge
	% Chevelu racinaire	chev.racin
	% Végétation surplombante	veg.surpl
	% Débris ligneux	debris.lign
	% Bloc rocheux	bloc.roch
	% Strate arbustive	str.arbu
	Taux de recouvrement de la ripisylve	tx.rec.ripi
	Taux de recouvrement des haies	tx.rec.haie
	Taux de recouvrement des individus	tx.rec.indiv
	Densité	densite
	% Éclairement du lit mineur	ecl
Indice de déperissement	dep	
Distance moyenne au pied de berge	dist.moy	

**Tableau 2** : Sélection des variables quantitatives pour la réalisation de l'ACP (Source : Hayot)

Nous avons créé des tableaux croisés dynamiques (fonctionnalité de certains tableurs comme EXCEL) générant des synthèses de la table de données et facilitant ainsi le travail de calcul des variables.

### ***Variables de richesse et diversité spécifique***

La richesse spécifique  $S$  représente le nombre d'espèces par station. Cette mesure ne permet pas d'apprécier la composition quantitative de la ripisylve (Barbault, 1992). Ainsi, nous avons calculé des indices de diversité spécifique qui prennent en compte l'abondance relative des espèces en plus de leur nombre.

Nous avons choisi d'utiliser l'indice de Shannon  $H'$  ( $H' = - \sum p_i \log_2 p_i$ , avec  $p_i$ , l'abondance relative de l'espèce  $i$ ). Sa valeur varie de 0 à  $\log S$ . L'indice est égal à 0 lorsqu'une seule espèce est représentée et est égale à  $\log S$  lorsque toutes les espèces ont la même abondance. Il convient également d'étudier la répartition des effectifs entre les diverses espèces grâce à un second indice de diversité, l'équitabilité  $E$  ( $E = H' / \log S$ ) qui varie de 0 à 1. Lorsque l'indice tend vers 0, la quasi-totalité des effectifs est concentrée sur une espèce et lorsqu'il tend vers 1, toutes les espèces ont même abondance.

### ***Variables liées aux habitats caractéristiques***

Il s'agit de calculer, par station, un pourcentage de présence pour chacun des habitats caractéristiques et un pourcentage d'absence d'habitat. Ces variables permettent, d'une part, d'observer si la fonction biologique (diversité d'habitats) ou le rôle de maintien de

berge (chevelu racinaire) sont assurés par la ripisylve et d'autre part, d'établir les facteurs liés à la destruction ou l'absence d'habitat.

### ***Variables liées à la densité et aux taux de recouvrement de la végétation***

Pour le calcul des surfaces ou densité, nous avons fait le choix de ne prendre en compte que les individus de diamètre supérieur ou égal à 5 cm.

Les taux de recouvrement sont obtenus par le calcul du rapport entre la surface de végétation et la surface d'un *buffer* de 10 mètres (lien avec les taux de végétation estimés par l'outil SYRAH). Ainsi les taux de recouvrement sont déterminés à partir :

- des surfaces cumulées des haies (produit de la longueur et la largeur)
- des surfaces terrières calculées avec les sections de l'ensemble des individus (taux de recouvrement des individus)
- du cumul des deux surfaces précédentes (taux de recouvrement de la ripisylve)

La densité par hectare est déterminée à partir du nombre d'individus présents sur la station ramené à la surface du *buffer* de 10 mètres.

Ces variables de recouvrement et de densité permettent de décrire l'importance et la structure de la ripisylve dans ses fonctions au sein du cours d'eau.

### ***Autres variables***

Le pourcentage d'éclairement du cours d'eau est renseigné sur le terrain « à dire d'expert », à l'aide de classes. Nous avons fait le choix d'utiliser, pour cette variable, la valeur moyenne de la classe. L'éclairement du lit est révélateur du rôle microclimatique (apport d'ombrage) qu'est capable d'assurer la ripisylve.

L'indice de dépérissement représente un pourcentage d'arbres morts ou dépérissants (malades ou vieillissants) sur la station. Cette variable serait en partie liée au niveau d'entretien de la végétation rivulaire. Ainsi, elle permet de déterminer la ou les cause(s) de l'état sanitaire déclinant de certains individus.

La variable liée à l'implantation de la ripisylve est calculée à partir de la distance moyenne des individus (toutes essences confondues), par station. Cette variable permet essentiellement d'évaluer s'il existe une relation entre cette distance et le caractère planté de la ripisylve.

### III.2.3.2. Les variables qualitatives

		Abréviation (logiciel R)
<b>VARIABLES QUALITATIVES</b>	Cours d'eau	cours.deau
	Taux de végétation plantée, absente à l'état naturel	tx.vegpl.pl
	Largeur mouillée du lit	largeur
	Taux de plantation	tx.plantation
	Taux de végétation naturelle	tx.vegmat
	Type de ripisylve	type
	Hauteur de berge	h.berge
	Taux de végétation plantée, présente à l'état naturel	tx.vegpl.nat
	Aménagement anthropique	am.anthr.
	Tracé du lit	trace.lit
	Longueur de station	longueur
	Pente de berge	p.berge
	Occupation du sol (en RD)	sol.rg
	Occupation du sol (en RG)	sol.rd

**Tableau 3** : Sélection des variables qualitatives pour la réalisation de l'ACP

À l'origine, certaines mesures (largeur et hauteur) sont quantitatives. Cependant, nous avons fait le choix de les transformer en variables qualitatives par la création de classes.

Quatre catégories de variables qualitatives sont déterminées :

- Variables liées à la station (longueur),
- Variables liées à la morphologie du cours d'eau (cours d'eau, tracé du lit, largeurs, pente et hauteur des berges)
- Variables liées à la pression anthropique (aménagements et occupation du sol),
- Variables liées au type de végétation.

L'analyse de l'ensemble de ces variables va nous permettre de déterminer les principaux critères de différenciation entre les deux types de ripisylve.

# PARTIE IV - Résultats

## IV.1. Détermination des principales différences entre les deux types de ripisylves

### IV.1.1. Analyse des liaisons entre variables et ressemblances entre stations

L'interprétation des axes se fait à l'aide des variables et des stations (Tableau 5) contribuant le plus à leur construction (éléments en gras) : si une variable a une forte contribution positive à l'axe, les stations ayant une même contribution sont caractérisées par une valeur élevée de la variable. L'ACP nous permet donc de visualiser les corrélations entre les variables et d'identifier les groupes de stations ayant pris des valeurs proches sur certaines variables.

	rich.spe	shannon	equitabilite	abs.habitat	sous.berge	chev.racin	veg.surpl	debris.lign	bloc.roch	str.arbu	tx.rec.ripi	tx.rec.haie	tx.rec.indiv	densite	ecl	dep	dist.moy
rich.spe	1	0,37	-0,07	-0,2	0,29	0,00	0,01	-0,05	0,09	0,28	0,18	0,13	-0,08	0,17	-0,03	0,15	0,19
shannon	0,37	1	0,89	-0,26	0,28	0,08	0,21	-0,04	-0,39	-0,25	-0,01	-0,23	-0,23	0,35	0,12	0,08	-0,03
equitabilite	-0,07	0,89	1	-0,14	0,13	0,05	0,21	-0,02	-0,51	-0,39	-0,12	-0,36	-0,27	0,25	0,2	0,04	-0,13
abs.habitat	-0,20	-0,26	-0,14	1	-0,86	-0,72	-0,43	-0,48	-0,02	0,31	-0,07	-0,13	-0,19	-0,66	0,48	-0,08	0
sous.berge	0,29	0,28	0,13	-0,86	1	0,45	0,16	0,36	0,12	-0,18	-0,03	-0,05	-0,05	0,47	-0,42	0,13	-0,04
chev.racin	0	0,08	0,05	-0,72	0,45	1	0,16	0,22	0	-0,11	0,24	0,29	0,52	0,67	-0,48	-0,06	0,14
veg.surpl	0,01	0,21	0,21	-0,43	0,16	0,16	1	-0,01	-0,17	-0,49	0,03	0,06	0,15	0,26	-0,08	0,1	-0,02
debris.lign	-0,05	-0,04	-0,02	-0,48	0,36	0,22	-0,01	1	-0,19	-0,28	-0,16	0,30	-0,02	0,35	-0,32	-0,05	-0,25
bloc.roch	0,09	-0,39	-0,51	-0,02	0,12	0	-0,17	-0,19	1	0,45	-0,12	-0,1	0,1	-0,16	0,18	-0,22	-0,08
str.arbu	0,28	-0,25	-0,39	0,31	-0,18	-0,11	-0,49	-0,28	0,45	1	-0,04	-0,08	-0,18	-0,31	0,18	-0,04	0,08
tx.rec.ripi	0,18	-0,01	-0,12	-0,07	-0,03	0,24	0,03	-0,16	-0,12	-0,04	1	0,24	0,5	0,38	-0,38	0,05	0,96
tx.rec.haie	0,13	-0,23	-0,36	-0,13	-0,05	0,29	0,06	0,30	-0,1	-0,08	0,24	1	0,47	0,39	-0,53	-0,17	0,11
tx.rec.indiv	-0,08	-0,23	-0,27	-0,19	-0,05	0,52	0,15	-0,02	0,1	-0,18	0,5	0,47	1	0,48	-0,42	0,10	0,34
densite	0,17	0,35	0,25	-0,66	0,47	0,67	0,26	0,35	-0,16	-0,31	0,38	0,39	0,48	1	-0,47	-0,09	0,28
ecl	-0,03	0,12	0,2	0,48	-0,42	-0,48	-0,08	-0,32	0,18	0,18	-0,38	-0,53	-0,42	-0,47	1	0,14	-0,28
dep	0,15	0,08	0,04	-0,08	0,13	-0,06	0,1	-0,05	-0,22	-0,04	0,05	-0,17	0,1	-0,09	0,14	1	0,03
dist.moy	0,19	-0,03	-0,13	0	-0,04	0,14	-0,02	-0,25	-0,08	0,08	0,96	0,11	0,34	0,28	-0,28	0,03	1

Tableau 4 : Analyse des corrélations entre les variables quantitatives (Logiciel R)

**N.B.** : Les stations sont caractérisées par leur type de ripisylve puis par leur appartenance au cours d'eau. Le numéro n'a pas d'importance, il permet uniquement de différencier les stations du même type entre elles. De plus, sur les représentations graphiques, les stations sont illustrées par un point (individu) avec un chiffre (Tableau 5).

Individu	Station	Individu	Station	Individu	Station
1	ESCH-1P	13	MADON-1P	23	NIED REUNIE-1P
2	ESCH-2P	14	MADON-2P	24	NIED REUNIE-2P
3	ESCH-3P	15	MADON-3P	25	NIED REUNIE-3P
4	ESCH-4P	16	MADON-4P	26	NIED REUNIE-4P
5	ESCH-5P	17	MADON-5P	27	NIED REUNIE-1N
6	ESCH-6P	18	MADON-1N	28	NIED REUNIE-2N
7	ESCH-1N	19	MADON-2N	29	NIED REUNIE-3N
8	ESCH-2N	20	MADON-3N	30	NIED REUNIE-4N
9	ESCH-3N	21	MADON-4N		
10	ESCH-4N	22	MADON-5N		
11	ESCH-5N				
12	ESCH-6N				

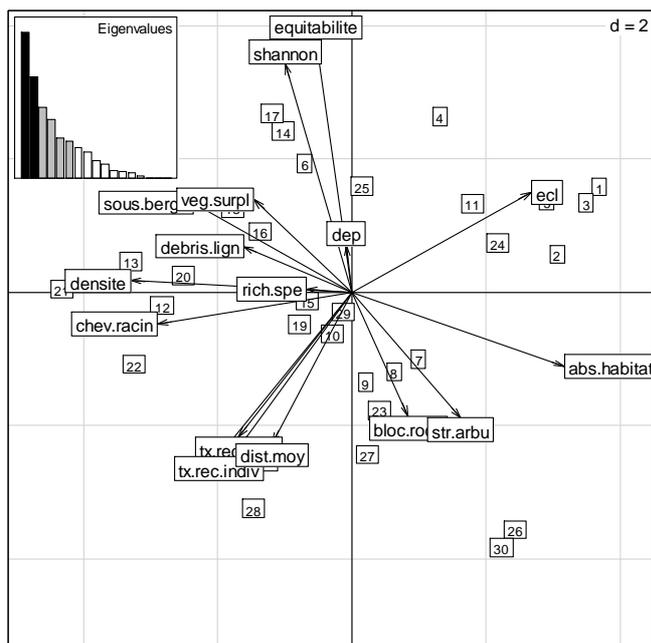
**Tableau 5** : Correspondance entre les individus (ACP) et les stations de mesures

Interprétation de l'axe factoriel 1 :

VARIABLES		STATIONS	
Contribution négative	Contribution positive	Contribution négative	Contribution positive
<b>Densité</b> <b>Pourcentage de chevelu racinaire</b> Pourcentage de sous berge Taux de recouvrement des individus	<b>Absence d'habitat caractéristique</b> <b>Éclairement du lit</b>	ESCH-6N MADON-1P MADON-3N <b>MADON-4N</b> <b>MADON-5N</b>	<b>ESCH-1P</b> <b>ESCH-2P</b> <b>ESCH-3P</b> <b>ESCH-5P</b> NIED REUNIE-2P NIED REUNIE-4P NIED REUNIE-3N

**Tableau 6** : Variables et stations les mieux représentées par l'axe principal (Source : Hayot)

Les variables sont toutes suffisamment corrélées entre elles (Tableau 4).



Cet axe caractérise, dans un sens, les stations présentant une ripisylve dense, avec du chevelu racinaire (rôle de maintien des berges) (Figure 1). Il s'agit de stations avec une ripisylve naturelle situées essentiellement sur le Madon (Tableau 6). Et dans l'autre sens, cet axe définit des stations avec une ripisylve éparse, sans habitat caractéristique et peu de zone d'ombrage (éclairage important du lit du cours d'eau) (Figure 1). Il s'agit de stations avec une ripisylve plantée, se trouvant sur l'Esch ou encore sur la Nied Réunionie (Tableau 6).

**Figure 1** : Représentation graphique des variables et des stations dans le plan factoriel principal (Source : Hayot)

Ce premier axe représente un gradient d'importance de la ripisylve. En effet, la densité est la variable la plus corrélée à l'axe et la mieux représentée, c'est également celle qui possède le plus grand écart-type (Annexe 10). De plus, il met en évidence un effet lié au type de cours d'eau et au type de ripisylve.

#### Interprétation de l'axe factoriel 2 :

VARIABLES		STATIONS	
Contribution négative	Contribution positive	Contribution négative	Contribution positive
<b>Taux de recouvrement des individus</b>	<b>Indice de Shannon</b>	NIED REUNIE-1P	<b>ESCH-4P</b>
Taux de recouvrement de la ripisylve	<b>Équitabilité</b>	<b>NIED REUNIE-4P</b>	ESCH-6P
Taux de recouvrement des haies		NIED REUNIE-4N	<b>MADON-2P</b>
Distance moyenne au pied de berge			MADON-5P

**Tableau 7** : Variables et stations les mieux représentées par l'axe secondaire (Source : Hayot)

Les variables de diversité spécifique sont très faiblement corrélées à la variable de taux de recouvrement des individus (Tableau 4). De plus, elles sont les plus corrélées à l'axe donc les mieux représentées (Figure 1). Cependant, elles sont fortement corrélées entre elles (redondance d'information). En supprimant une des deux, l'ACP gagnerait probablement en qualité.

Les stations présentant un taux important de recouvrement des individus, se situent sur la Nied Réunionie et les ripisylves avec des indices de diversité élevés se trouvent sur des stations plantées sur l'Esch et le Madon (Tableau 7).

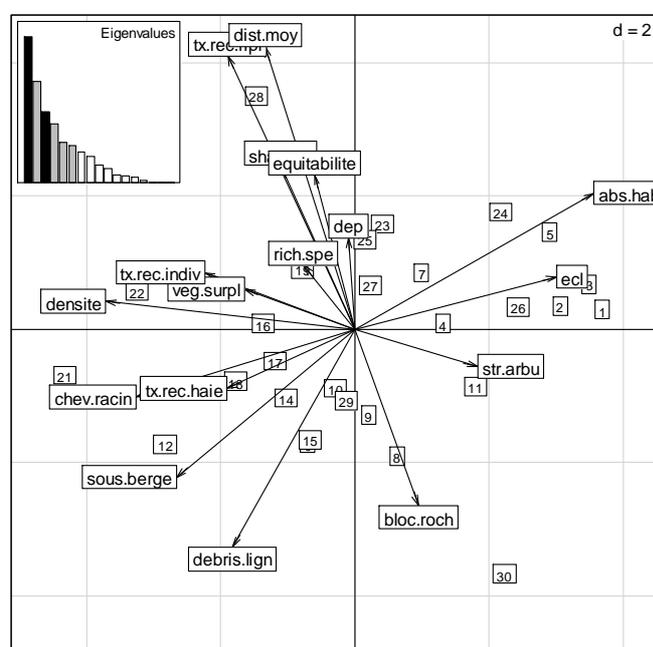
Ce second axe représente un gradient de diversité spécifique. De plus, il met en évidence un effet lié au type de ripisylve et au type de cours d'eau.

Ainsi, la densité de la ripisylve et la diversité spécifique de la ripisylve sont les variables qui semblent expliquer le mieux la répartition spatiale des stations (dans le plan factoriel principal). Afin d'apporter un complément d'informations, il convient alors d'étudier les autres axes.

### Interprétation de l'axe factoriel 3 :

VARIABLES		STATIONS	
Contribution négative	Contribution positive	Contribution négative	Contribution positive
<b>Pourcentage de débris ligneux</b>	<b>Taux de recouvrement de la ripisylve</b>	ESCH-6P	ESCH-5P
Pourcentage de bloc rocheux	<b>Distance moyenne au pied de berge</b>	ESCH-2N	<b>MADON-1P</b>
Pourcentage de sous berge	Indice de Shannon	ESCH-6N	<b>NIED REUNIE-1P</b>
	Équitabilité	MADON-3P	<b>NIED REUNIE-2P</b>
		<b>NIED REUNIE-4N</b>	<b>NIED REUNIE-2N</b>

**Tableau 8 :** Variables et stations les mieux représentées par l'axe 3 (Source : Hayot)



**Figure 2 :** Représentation graphique des variables et des stations dans le plan factoriel 1 x 3 (Source : Hayot)

Le troisième axe caractérise les stations avec un recouvrement de ripisylve important (Figure 2). Il s'agit essentiellement de stations plantées situées sur le Madon et la Nied Réunion (Tableau 8). Sur ces mêmes stations, la végétation rivulaire est plus éloignée du bord du cours d'eau.

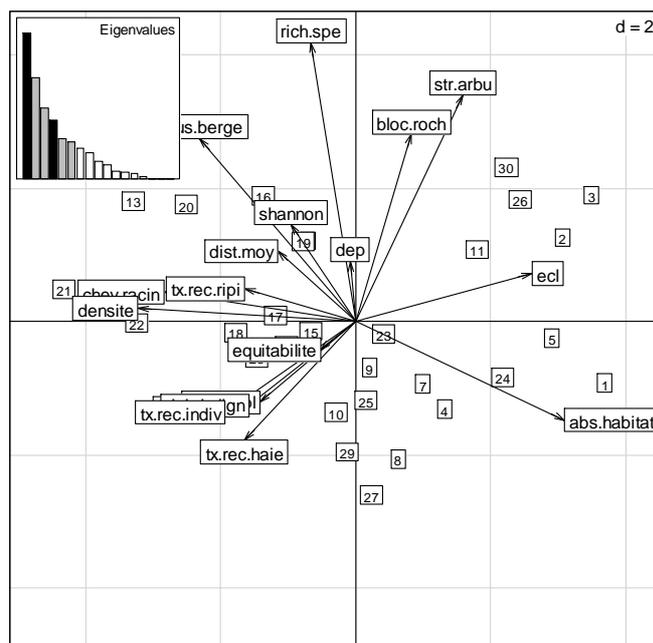
Ces deux variables sont fortement corrélées (Tableau 4), l'interprétation de ce résultat doit être faite avec prudence. En effet, la distance moyenne au pied de berge a servi au calcul de la surface en ripisylve. L'axe caractérise également les stations avec débris ligneux. Cependant, la présence de cet habitat ne semble dépendre ni du type de cours d'eau, ni du type de ripisylve.

### Interprétation de l'axe factoriel 4 :

VARIABLES	
Contribution négative	Contribution positive
	<b>Richesse spécifique</b>
	<b>Pourcentage de strate arbustive</b>
	<b>Pourcentage de bloc rocheux</b>
	<b>Pourcentage de sous berge</b>

STATIONS	
Contribution négative	Contribution positive
<b>ESCH-2N</b>	ESCH-3P
<b>ESCH-4N</b>	MADON-1P
<b>MADON-3N</b>	<b>MADON-4P</b>
<b>NIED REUNIE-1N</b>	MADON-3N
<b>NIED REUNIE-3N</b>	NIED REUNIE-4P
	NIED REUNIE-4N

**Tableau 9** : Variables et stations les mieux représentées par l'axe 4 (Source : Hayot)



Le quatrième axe factoriel est très corrélé de façon positive avec toutes les variables (Tableau 4) qui le représentent, ce qui est signe d'un "effet taille". Cependant, les variables sont faiblement corrélées entre elles, la richesse spécifique détermine l'axe presque exclusivement. Il serait judicieux de ne pas le retenir. On constate tout de même que les stations présentant une richesse spécifique importante se situent essentiellement sur les stations plantées sur Madon et la Nied Réunion (Tableau 9 et figure 3).

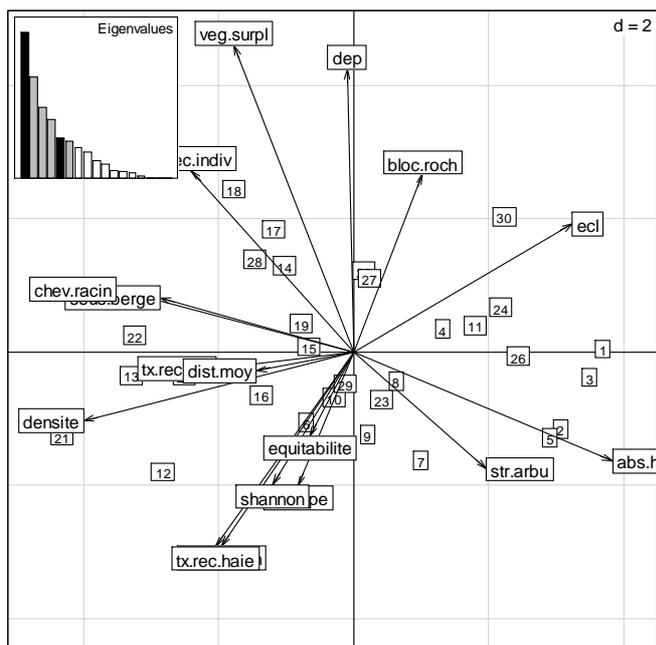
**Figure 3** : Représentation graphique des variables et des stations dans le plan factoriel 1 x 4 (Source : Hayot)

### Interprétation de l'axe factoriel 5 :

VARIABLES	
Contribution négative	Contribution positive
<b>Taux de recouvrement des haies</b>	<b>Pourcentage de végétation surplombante</b>
Pourcentage de débris ligneux	Pourcentage de bloc rocheux
	Taux de recouvrement des individus
	Indice de déperissement

STATIONS	
Contribution négative	Contribution positive
ESCH-2P	MADON-2P
<b>ESCH-1N</b>	<b>MADON-5P</b>
<b>ESCH-3N</b>	<b>MADON-1N</b>
<b>ESCH-6N</b>	NIED REUNIE-3P
MADON-4N	NIED REUNIE-1N
	NIED REUNIE-2N
	NIED REUNIE-4N

**Tableau 10** : Variables et stations les mieux représentées par l'axe 5 (Source : Hayot)



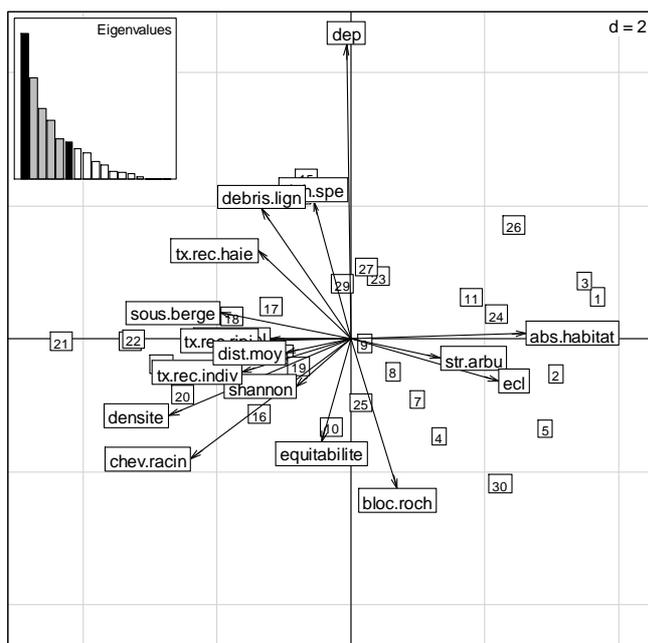
La cinquième composante principale met en évidence un effet cours d'eau mais également un effet lié au type de ripisylve (Tableau 10 et figure 4). L'Esch se démarque des deux autres cours d'eau par l'importance des haies dans les ripisylves naturelles. Le Madon et la Nied Réunie présentent pour leur part, une végétation surplombante abondante. Ces deux variables sont très faiblement corrélées entre elles (Tableau 4). Il n'est pas possible d'établir un lien entre le taux de recouvrement des haies et la présence de végétation surplombante.

**Figure 4 :** Représentation graphique des variables et des stations dans le plan factoriel 1 x 5 (Source : Hayot)

**Interprétation de l'axe factoriel 6 :**

VARIABLES		STATIONS	
Contribution négative	Contribution positive	Contribution négative	Contribution positive
Pourcentage de chevelu racinaire	<b>Indice de déperissement</b>	ESCH-4P	<b>ESCH-6P</b>
Pourcentage de bloc rocheux	Richesse spécifique	ESCH-5P	<b>MADON-3P</b>
	Pourcentage de débris ligneux	ESCH-4N	NIED REUNIE-4P
		MADON-4P	NIED REUNIE-1N
		NIED REUNIE-4N	

**Tableau 11 :** Variables et stations les mieux représentées par l'axe 6 (Source : Hayot)



On constate un effet « taille » sur le dernier axe (Figure 5). De plus, les variables sont faiblement corrélées entre elles (Tableau 4) et la variable « déperissement » détermine presque exclusivement l'axe. Cet axe caractérise les stations où s'observe un vieillissement de la végétation. Les deux stations les mieux représentées se situent sur l'Esch et le Madon (Tableau 11). Cependant, quelques stations de la Nied Réunie s'y exposent également. De plus, les deux types de ripisylves sont concernés.

**Figure 5 :** Représentation graphique des variables et des stations dans le plan factoriel 1 x 6 (Source : Hayot)

On peut déjà constater que ce phénomène de dépérissement n'est lié ni au type de cours d'eau, ni au type de ripisylve.

En ne conservant que les variables les mieux représentées par les deux premiers axes, on augmente la qualité de l'ACP (Annexe 16). En diminuant le nombre de variables initiales, plus de 80% de la variance est expliquée par les trois premières composantes principales. Cependant, nous avons fait le choix de garder une quinzaine de variables pour la réalisation de l'ACP, afin de ne pas perdre d'information et d'étudier plus en détail les différences entre stations. Cependant, en faisant ce choix, nous nous sommes confrontés à quelques problèmes d'interprétation, liés à une trop faible corrélation entre variables, ou à une redondance dans les informations, liée à une trop forte corrélation entre variables. Par exemple, l'interprétation de l'axe 5 doit être faite avec prudence car les deux variables les mieux représentées, le taux de recouvrement des haies et le pourcentage de végétation surplombante, ont un très faible coefficient de corrélation. L'interprétation des axes est, bien entendu, plus aisée lorsque les variables les mieux représentées sont suffisamment corrélées entre elles.

En analysant les axes nous avons mis en évidence un effet cours d'eau important, ne facilitant pas toujours l'interprétation de l'effet « type de ripisylve ». Afin de pallier cet effet, nous avons effectué une nouvelle ACP par cours d'eau. La qualité de ces ACP est comparable à la précédente (Annexe 17 à 19). Pour l'analyse de ces dernières nous nous contenterons uniquement d'une analyse graphique complémentaire afin d'évaluer les variables à l'origine des différences entre ripisylve « naturelle » et ripisylve « plantée », par cours d'eau.

#### **IV.1.2. Interprétation graphique et validation statistique des hypothèses**

Après avoir exploré les liaisons entre les variables et les ressemblances entre les stations, l'ajout de variables explicatives (ou qualitatives, ou facteurs) va permettre d'apporter une information supplémentaire qu'il conviendra de vérifier par des études statistiques. Ces facteurs définissent des groupes de stations. Nous allons interpréter graphiquement le comportement des variables quantitatives (ou critères) en fonction des facteurs ajoutés afin de formuler des hypothèses quant à la répartition spatiale (essentiellement dans le plan factoriel principal).

L'étude statistique effectuée permet d'évaluer si l'effet d'une variable explicative sur une variable à expliquer (ou qualitative, ou critère) est significatif. Autrement dit, elle établit les liens entre la variable à expliquer (critère) et la variable explicative (facteur).

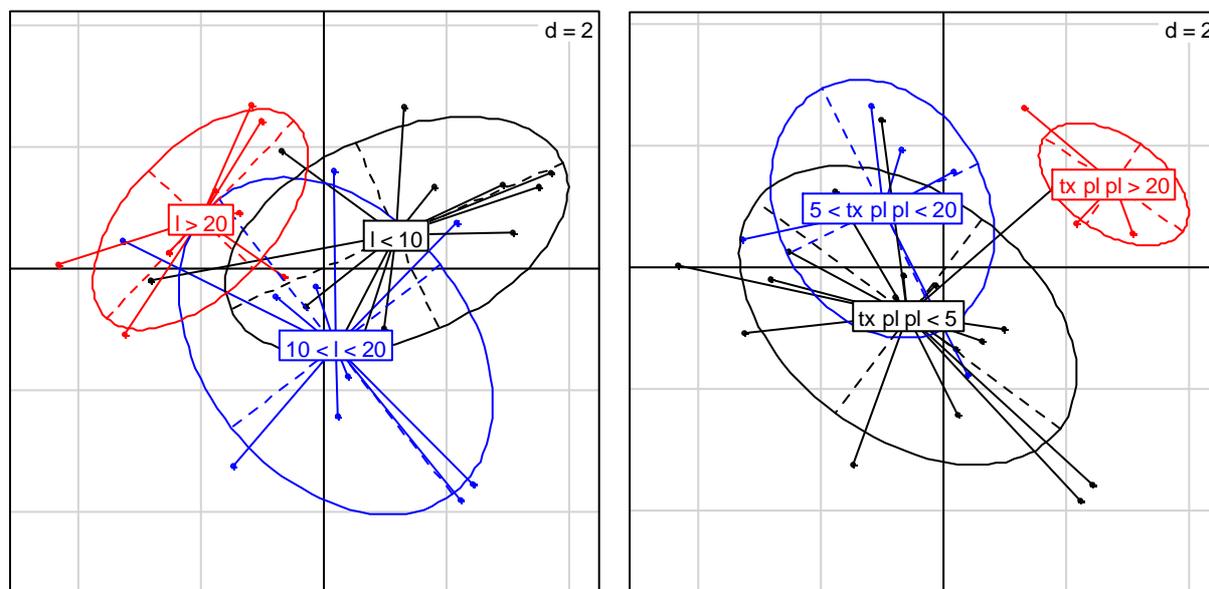
		p-value														
		Taux de végétation plantée, absente à l'état naturel	Cours d'eau	Largeur mouillée du lit	Taux de plantation	Taux de végétation naturelle	Type de ripisylve	Hauteur de berge	Taux de végétation plantée, présente à l'état naturel	Aménagement anthropique	Occupation du sol (en RD)	Tracé du lit	Longueur de station	Pente de berge	Occupation du sol (en RG)	
Variable qualitative (explicative)	Richesse spécifique				0,047							0,044				
	Indice de Shannon	0,008	0,041		0,041	0,008	0,034		0,007							
	Équitabilité	0,004			0,007	0,001	0,019		0,011							
	Absence d'habitat caractéristique	0,002	0	0,001						0,039	0,022					
	Sous-berge	0,02	0	0,002						0,002						
	Chevelu racinaire	0,003	0,005	0,013		0,032	0,001				0,04					
	Végétation surplombante		0,012	0,013					0,036							
	Débris ligneux															
	Bloc rocheux															
	Taux de recouvrement de la ripisylve	0,05	0,022	0,012	0,047	0,44		0,019								
	Taux de recouvrement des haies	0,001			0,004	0,002	0,01		0,009							
	Taux de recouvrement des individus	0,013	0,007	0,013	0,009	0,005	0,002	0,017		0,04						
	Densité	0,011	0,004	0,014												
	Strate arbustive														0,044	0,004
	Éclaircissement	0,007			0,029	0,03	0,029									
	Indice de déperissement															
	Distance moyenne au pied de berge			0,019				0,036								

**Tableau 12** : Analyse statistique des relations entre les variables : ANOVA et tests de Kruskal-Wallis (Source : Hayot)

Ainsi, nous étudions chaque critère et déterminons les facteurs, mesurés lors de l'étude, responsables de leur variabilité (par une analyse graphique et statistique). Seront uniquement retenus, les critères à l'origine des différences entre les deux types de ripisylve.

De plus, l'analyse graphique des différents plans factoriels (avec le logiciel R), nous a permis d'émettre plusieurs hypothèses. Toutefois, de nombreux plans factoriels et variables sont à l'étude, nous avons donc fait le choix de sélectionner uniquement les représentations graphiques qui justifient certaines des hypothèses formulées pour les critères retenus.

### Étude des critères liés à l'importance (surface, densité, etc.) de la ripisylve



**Figure 6 :** Représentation graphique de l'effet « largeur du cours d'eau » et « taux de plantation » (des espèces absentes à l'état naturel sur la station) sur la densité de la ripisylve (Source : Hayot)

La **densité de ripisylve** observée est liée à la largeur des cours d'eau (Figures 1 et 6) mais également au taux de plantation (Figures 1 et 6) (des espèces absentes à l'état naturel sur la station).

En effet, la densité de ripisylve est forte sur les cours d'eau de largeur importante (Madon), dans les secteurs non plantés.

L'étude statistique (Tableau 12) vérifie cette hypothèse. Ce critère est donc à retenir car permet de discriminer les deux types de ripisylve.

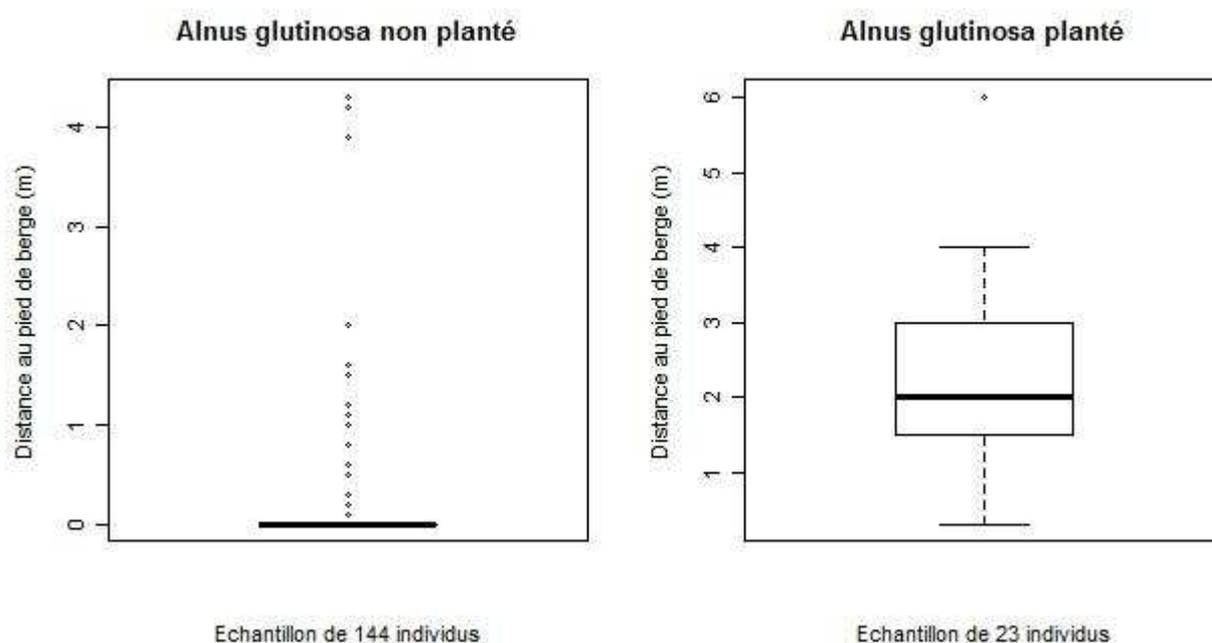
Le taux de recouvrement de la ripisylve dépend du type de cours d'eau mais également du taux de plantation observé. La ripisylve est plus étendue sur les grands cours d'eau. Le lit majeur a une largeur plus importante, la végétation rivulaire peut s'installer sur de plus grandes surfaces. L'étude statistique (Tableau 12) confirme l'effet « cours d'eau » et l'effet de la plantation sur ce critère. Cependant, il est difficile d'interpréter graphiquement les différences entre ripisylve plantée et ripisylve naturelle sur la base de ce critère.

Ce taux de recouvrement pourrait également être lié à l'occupation des sols. En effet, on pourrait s'attendre à une réduction de la surface de la ripisylve en bordure de zones cultivées ou prairie de pâturage. Par exemple, les ripisylves sont souvent détruites ou éliminées par les exploitants lors de l'entretien de la bande enherbée. De plus, en zone pâturée, en l'absence de clôture en bordure du cours d'eau, la ripisylve subit une pression du bétail (piétinement et abrutissement) importante. Cependant, l'étude ne rend pas compte de ce constat.

Le taux de recouvrement des individus dépend du type de ripisylve mais également du type de cours d'eau. L'étude statistique (Tableau 12) le confirme. Graphiquement, on peut observer que ce taux est plus élevé pour les ripisylves non plantées présentes sur la Nied Réunie. Mais ce critère de surface est difficile à interpréter, il est donc écarté.

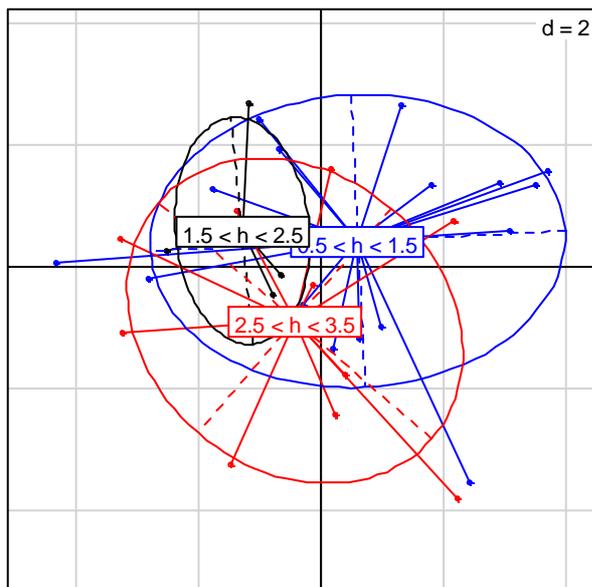
La **distance moyenne au pied de berge** de la végétation rivulaire semble plus importante sur les stations avec ripisylve majoritairement plantée, essentiellement sur la Nied Réunie mais également sur le Madon. Cette hypothèse nous amène à penser que les plantations ont été faites plus éloignées du bord du cours d'eau, en comparaison à l'implantation des individus présents naturellement. De plus, la Nied Réunie est un cours d'eau qui a subi un curage, sa hauteur de berge est importante, ceci pourrait expliquer la plantation en haut de berge (travaux de plantation facilités). Ce critère semble dépendant de la morphologie du cours d'eau mais également du type de végétation.

L'hypothèse selon laquelle la plantation ne respecte pas systématiquement les exigences écologiques de chaque espèce se vérifie graphiquement. En effet, leur implantation semble différer de celle observée pour les espèces indigènes. Sur les 8 espèces étudiées (Annexe 20 et figure 7), on peut observer une tendance générale sur les différences d'implantation entre individu présent naturellement et individu planté.



**Figure 7** : Comparaison des distances moyennes au pied de berge de l'Aulne glutineux à l'état naturel et planté (Source : Hayot)

En effet, la distance moyenne au pied de berge des individus plantés est supérieure à celle observée pour les individus présents naturellement sur le cours d'eau. Ce résultat permet d'établir que la manière de planter sur le profil de berge est à reconsidérer. Cependant, l'étude statistique (Tableau 12) ne le démontre pas. La distance moyenne au pied de berge et le type de végétation n'ont pas de lien. Ce critère ne serait dépendant que de la morphologie du cours d'eau. En effet, la largeur mouillée et la hauteur de berge sont les deux facteurs qui influencent significativement cette distance.



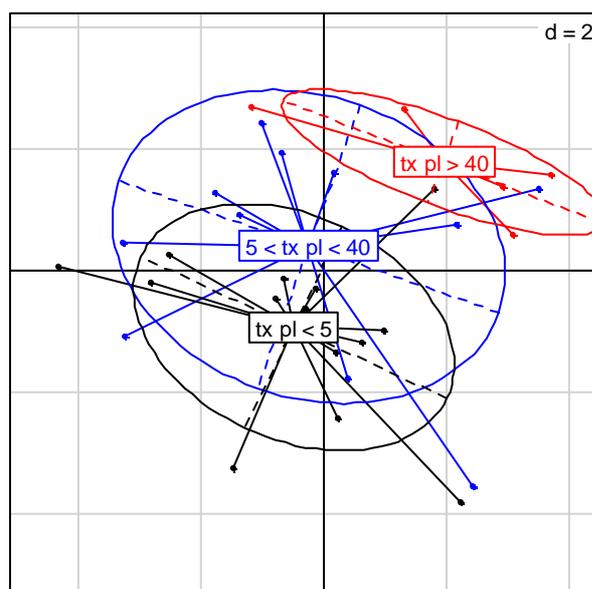
**Figure 8** : Représentation graphique de l'effet « hauteur de berge » sur l'implantation des individus (Source : Hayot)

Autrement dit, les cours d'eau d'une largeur mouillée supérieure à 10 mètres (Figure 6) et d'une hauteur de berge supérieure à 2,5 mètres (Figures 1 et 8), présentent une ripisylve plus éloignée du bord. Les conditions de plantation pour le maître d'œuvre peuvent s'avérer plus difficiles, avec des berges plus abruptes et de ce fait l'obliger à travailler plus en haut de berge (travail mécanisé, système de plantation).

On peut également s'attendre à ce que le curage ait détruit une partie de la végétation en bordure du cours d'eau. Cependant, notre étude statistique (Tableau 12) n'apporte pas de lien entre ce critère et la pente ou les aménagements anthropiques. Ce critère semble tout de même intéressant pour notre étude. L'hypothèse d'une différence d'implantation entre espèces plantées et espèces indigènes est à discuter.

### Étude des critères de diversification de la végétation

#### Diversité structurelle



**Figure 9** : Représentation graphique de l'effet « taux de plantation » sur la présence de haies (Source : Hayot)

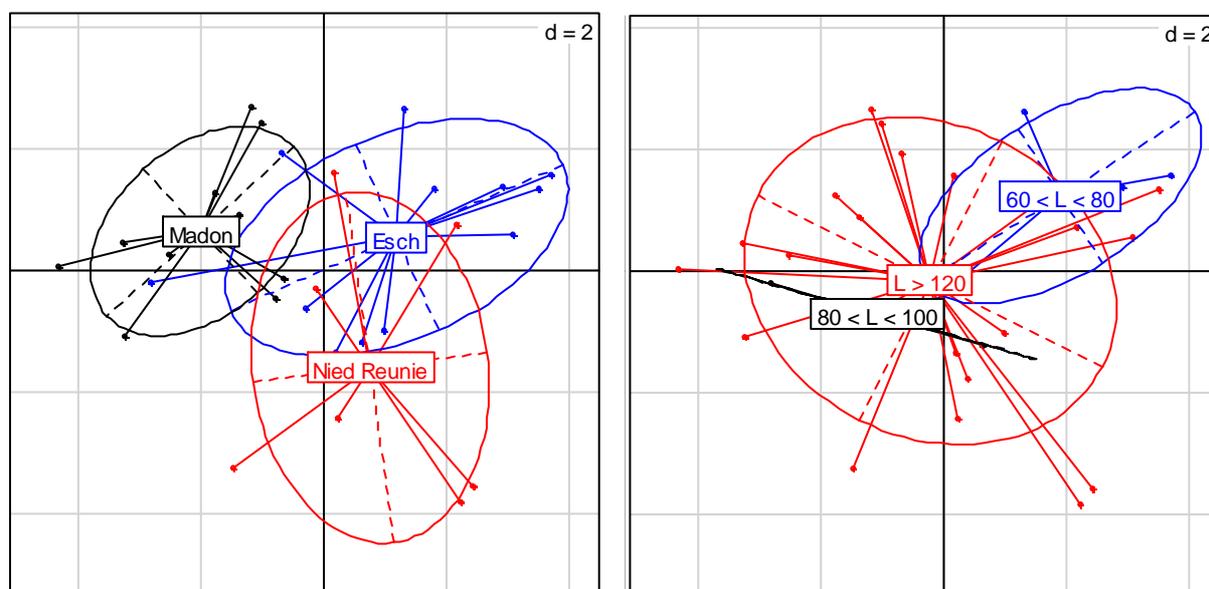
Par interprétation graphique (Figures 1 et 9), la structure des ripisylves naturelles semble se distinguer de celle des ripisylves plantées par la **présence de haies**. Cette hypothèse s'applique essentiellement à l'Esch. Les tests statistiques (Tableau 12) confirment partiellement l'hypothèse car aucun effet « cours d'eau » n'est constaté, toutefois l'effet plantation est significatif. Ce critère de diversité structurelle de la ripisylve est donc à prendre en compte.

La variable « Pourcentage de strate arbustive » n'est pas corrélée à la variable « Taux de recouvrement des haies ». Pourtant, on aurait pu s'attendre au résultat contraire. D'après l'étude statistique (Tableau 8), aucun effet n'est lié au caractère planté ou naturel de la ripisylve n'explique la variabilité de ce critère. Seules les variables « Occupation du sol » et « Tracé du lit » ont une influence sur ce pourcentage. Ainsi, il ne s'agit pas d'un critère discriminant dans notre étude.

### *Richesse et diversité spécifique*

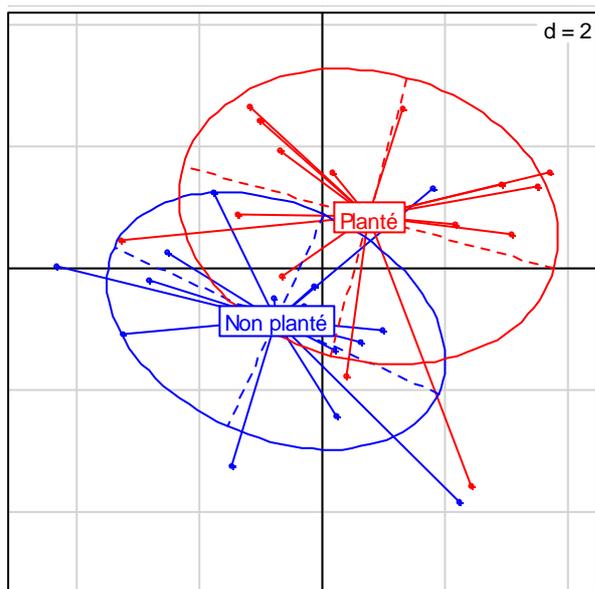
Les ripisylves plantées ont une **richesse spécifique** plus importante que les ripisylves naturelles (Figures 3 et 9). L'étude statistique confirme cette hypothèse (Tableau 12) : les ripisylves ayant un taux de plantation supérieur à 40% sont des ripisylves qui abritent un plus grand nombre d'espèces.

De plus, les ripisylves ayant une richesse spécifique importante sont essentiellement sur les stations les plus longues (Madon et Nied Réunion) (Figures 3 et 10).



**Figure 10** : Représentations graphiques des effets « cours d'eau » et « longueur de station » sur la richesse spécifique (Source : Hayot)

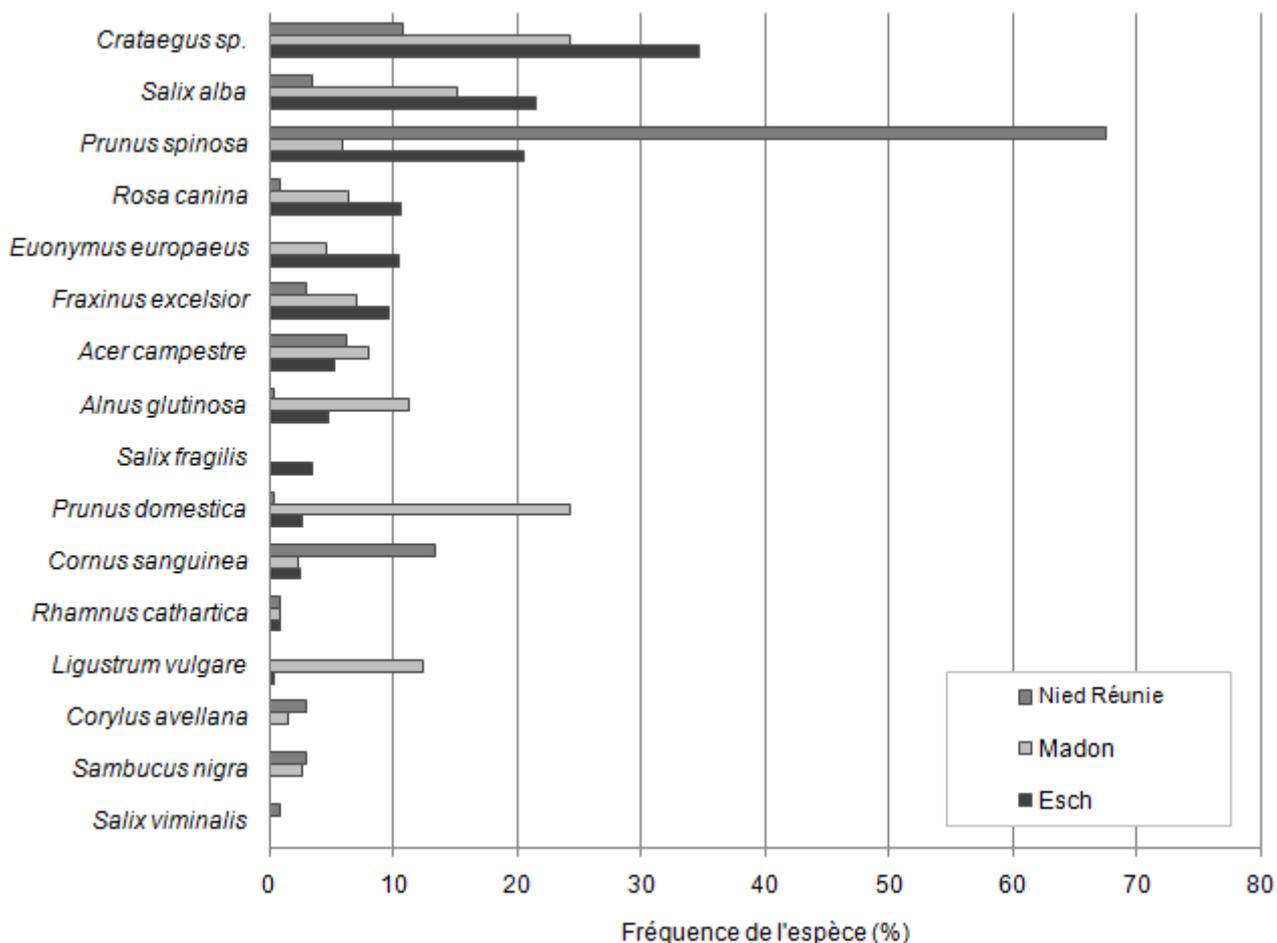
Autrement dit, le nombre d'espèces recensées est inhérent à une certaine longueur parcourue sur le cours d'eau. Les résultats statistiques appuient cette hypothèse (Tableau 12). En plus d'être un critère discriminant entre ripisylve « naturelle » et ripisylve plantée, la richesse spécifique est également un critère d'amélioration de notre protocole.



L'équitabilité et l'indice de Shannon sont deux variables de diversité très corrélés. Il s'agit des critères les plus discriminants entre ripisylve « naturelle » et ripisylve plantée (Figures 1 et 11). En effet, ces deux indices de diversité sont plus forts pour les stations plantées. L'étude statistique confirme cette hypothèse (Tableau 12). Autrement dit, en plus d'avoir une richesse spécifique importante, les ripisylves plantées se composent d'espèces qui ont des abondances comparables. Cela signifie donc que les ripisylves non plantées possèdent moins d'espèces sur lesquelles se concentrent les effectifs.

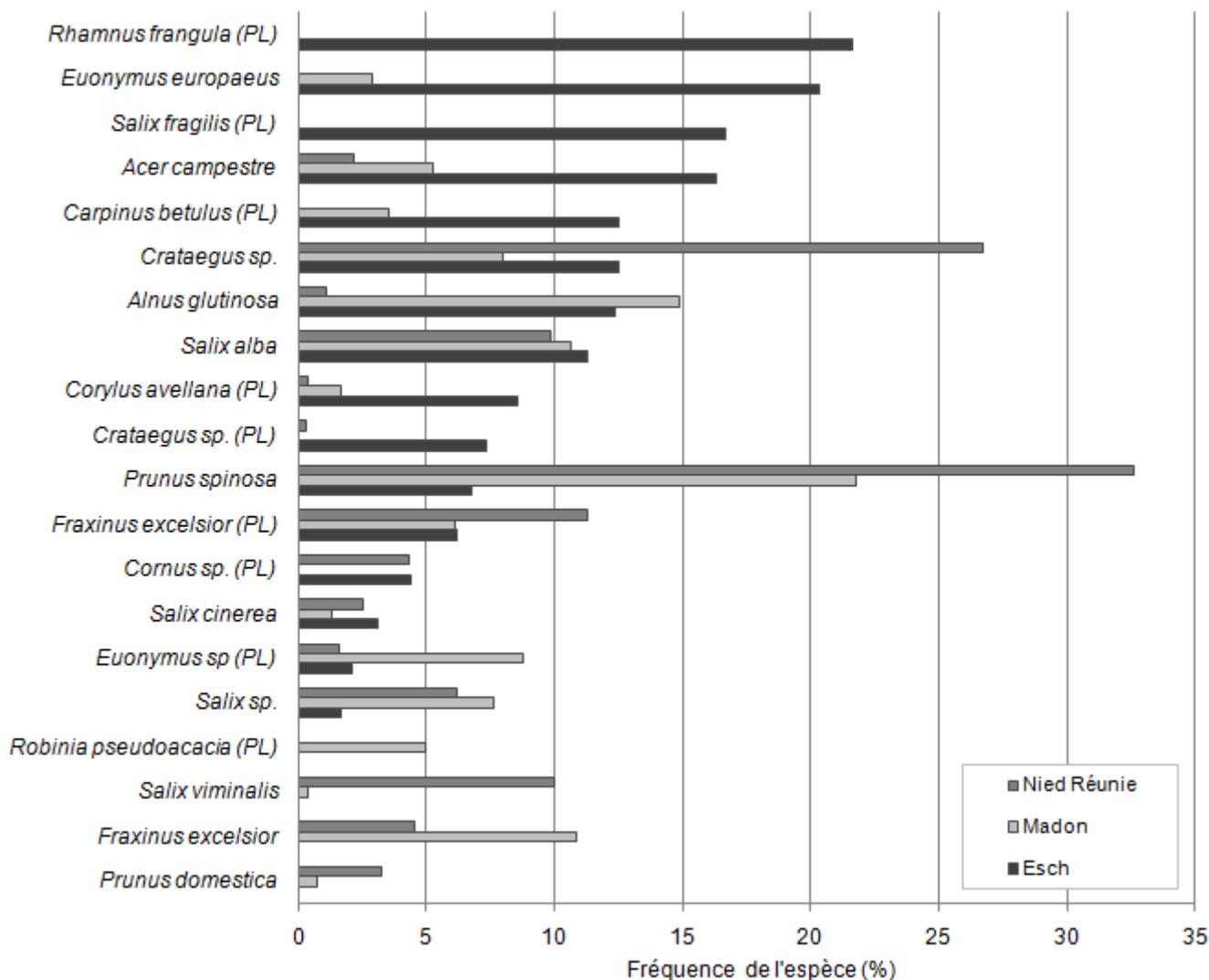
**Figure 11 :** Représentation graphique de l'effet « type de ripisylve » sur la diversité spécifique (Source : Hayot)

Une analyse graphique supplémentaire permet de comparer la diversité spécifique entre les deux types de ripisylve (Figures 12 et 13, annexes 21 à 23 (par cours d'eau)).



**Figure 12 :** Comparaison de la composition spécifique des ripisylves « non plantées » entre les trois cours d'eau (Source : Hayot)

La figure 12 décrit la composition spécifique des ripisylves « naturelles » sur chacun des trois cours d'eau. On peut remarquer une distribution hétérogène des effectifs par espèce. En effet, ces effectifs se concentrent, en règle générale, sur seulement quelques espèces. Cette tendance s'observe notamment sur les stations situées sur la Nied réunie où le prunellier (*Prunus spinosa*) est très majoritaire.



**Figure 13 :** Comparaison de la composition spécifique des ripisylves majoritairement « plantées » entre les trois cours d'eau (Source : Hayot)

Les espèces suivies de « PL » désignent celles qui sont plantées sur le cours d'eau (Figure 13).

Par comparaison avec la figure 12, l'analyse démontre que certaines espèces indigènes ne sont jamais plantées alors qu'elles devraient être privilégiées dans la reconstitution des ripisylves (l'aulne par exemple). Cependant, des essences indigènes comme le saule ou l'aulne rejettent rapidement. De ce fait, ces espèces sont rarement plantées car la plantation a plutôt comme objectif d'augmenter la richesse spécifique, notamment en installant des essences non spontanées.

Ainsi, une richesse spécifique plus élevée dans les ripisylves plantées peut s'expliquer par l'introduction d'espèces absentes naturellement sur le cours d'eau.

### *Diversité d'habitat*

Les variables de densité et de **pourcentage de chevelu racinaire** sont corrélées positivement (Tableau 4). Autrement dit, plus la densité de la ripisylve est forte, plus le chevelu racinaire est important. Ainsi, étant plus denses que les ripisylves plantées, les ripisylves « naturelles » assurent mieux leur rôle de maintien des berges. Ce critère doit donc être conservé afin d'évaluer si la ripisylve contribue à la stabilisation des berges.

La présence de végétation surplombante n'est observée que sur les stations du Madon. Cet effet « cours d'eau » est vérifié statistiquement (Tableau 12). La largeur mouillée et la hauteur des berges sont également deux facteurs explicatifs de la présence de cet habitat. Le Madon est le cours d'eau qui présente la plus grande largeur mouillée et des berges d'une hauteur moyenne de 2 mètres, en comparaison à l'Esch et à la Nied Réunion. Cependant, ce critère n'est pas à considérer car ne permet pas de différencier les deux types de ripisylve.

On observe de la sous berge essentiellement sur le Madon. Les divers seuils à l'origine d'un effet de bief (remous) sur le cours d'eau, favorisent les berges abruptes et donc la formation de sous berges. L'étude statistique (Tableau 12) confirme l'hypothèse, l'effet des aménagements anthropiques sur la présence de sous berge est significatif. Cependant, ce critère ne permet pas de distinguer les deux types de ripisylve, il est donc rejeté.

Aucune hypothèse ne peut être formulée quant à la présence de blocs rocheux sur certaines stations. Ce critère de diversité d'habitat est à rejeter. Les tests statistiques confirment qu'aucun facteur mesuré lors de l'étude n'explique la présence de blocs rocheux sur une station.

Le pourcentage de débris ligneux peut être indicateur d'une ripisylve fonctionnelle (rôle biologique). Cependant, trop peu de stations sont concernées. D'après l'étude statistique, aucun facteur ne permet d'expliquer la variabilité de ce critère, autrement dit, il n'est pas discriminant, il n'est donc pas utilisable par l'étude. Ce critère n'est pas valable car l'enlèvement des embâcles ou branchages sur les bords ou dans le cours d'eau lors des entretiens (une fois tous les 5 ans) est devenu systématique (d'après les agents de l'ONEMA du service départemental de Meurthe-et-Moselle).



**L'absence d'habitat** s'observe essentiellement sur les stations qui ont été plantées (Figures 1 et 6). Cependant, ce critère dépend plus particulièrement du niveau d'anthropisation (occupation du sol et aménagements).

L'étude statistique (Tableau 12) vérifie ces hypothèses. La Nied Réunion qui a été curée et l'Esch qui a parfois subi un « lourd » entretien, présentent sur certaines stations un pourcentage élevé d'absence d'habitat.

De plus, ces mêmes stations sont bordées de prairies de fauche ou de pâturage et de ce fait, l'absence d'habitat ne peut être lié à la pollution (zone de culture intensive) mais peut s'expliquer par le piétinement du bétail ou les abreuvoirs sauvages. Cette problématique concerne l'Esch qui est un cours d'eau de faible largeur, facilement accessible aux bêtes. Dans ce cas de figure, des solutions existent comme la mise en place de clôtures efficaces. Enfin, ce critère pourrait permettre d'évaluer si la ripisylve assure son rôle biologique ou non. Autrement dit, ce critère de diversité d'habitat est discriminant entre ripisylve naturelle et ripisylve plantée.

### **Autres critères**

Un dépérissement de la végétation s'observe dans certaines ripisylves plantées du Madon et de l'Esch. Ce phénomène s'expliquerait essentiellement par :

- l'état sanitaire déclinant de certaines espèces d'individus plantés (frêne)
- une connaissance insuffisante des exigences écologiques des espèces
- le vieillissement de la ripisylve (vieilles cépées de saules, vieux arbres têtards,...)

Cependant, cette hypothèse n'est pas vérifiée statistiquement (Tableau 12). Autrement dit, dans notre étude comparative, ce critère n'est pas à considérer.

De plus, le castor est très présent sur le Madon, cependant celui-ci ne participe pas au dépérissement de la végétation mais au contraire la dynamise en permettant un renforcement du système racinaire et un rajeunissement des saules entre autres (d'après Jean-Baptiste Schweyer, chef du service départemental de Meurthe-et-Moselle). Ainsi, la protection des plants fait partie des techniques à considérer lors de la reconstitution de ripisylves sur des secteurs où se trouvent des castors ; afin d'éviter la consommation des plants par ces derniers mais de bénéficier des avantages que leur présence apporte à la végétation.

**L'éclairement du lit** est un élément discriminant entre ripisylve naturelle et ripisylve plantée, l'étude statistique le démontre (Tableau 12). Les ripisylves majoritairement plantées apportent moins d'ombrage au cours d'eau (Figures 1 et 9). Ainsi, différentes hypothèses peuvent être formulées afin de justifier cet état d'éclairement :

- l'absence d'installation de végétation spontanée sous les arbres plantés
- l'absence de rejets de plantation
- une mauvaise reprise des plants
- l'absence d'espèces pionnières en bordure de cours d'eau (saules, aulnes,...) avant la plantation

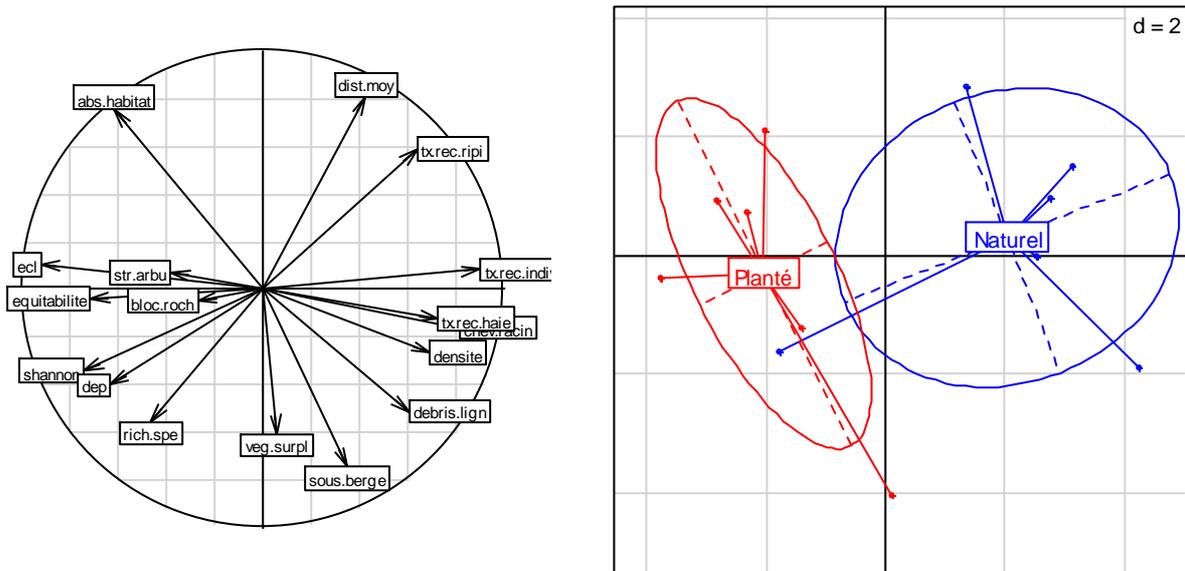
Cette dernière hypothèse est liée à la dynamique naturelle du milieu. La reconstitution de ripisylves par plantations s'effectue le plus souvent sur des portions de cours d'eau dépourvues de végétation. En se généralisant, la plantation peut entraîner la perte d'alternance de zones d'ombre et de lumière. En effet, les zones dénudées d'un cours d'eau ne doivent pas être systématiquement la cible de nouvelles plantations. Seule l'absence d'espèces pionnières doit être considérée comme un critère de déséquilibre écologique.

### IV.1.3. Suppression de l'effet « cours d'eau » et étude des différences entre les deux types de ripisylve

L'analyse des tableaux de diagnostic des ACP (Annexes 17 à 19) permet de déterminer au préalable les variables les mieux représentées dans le plan factoriel principal. Ainsi, ce premier travail permet de faciliter l'interprétation graphique.

#### IV.1.3.1. Analyse des différences entre les deux types de ripisylve sur l'Esch

L'axe principal (axe horizontal) met en évidence un effet « type de ripisylve » dans la distribution des stations sur l'Esch (Figure 14).

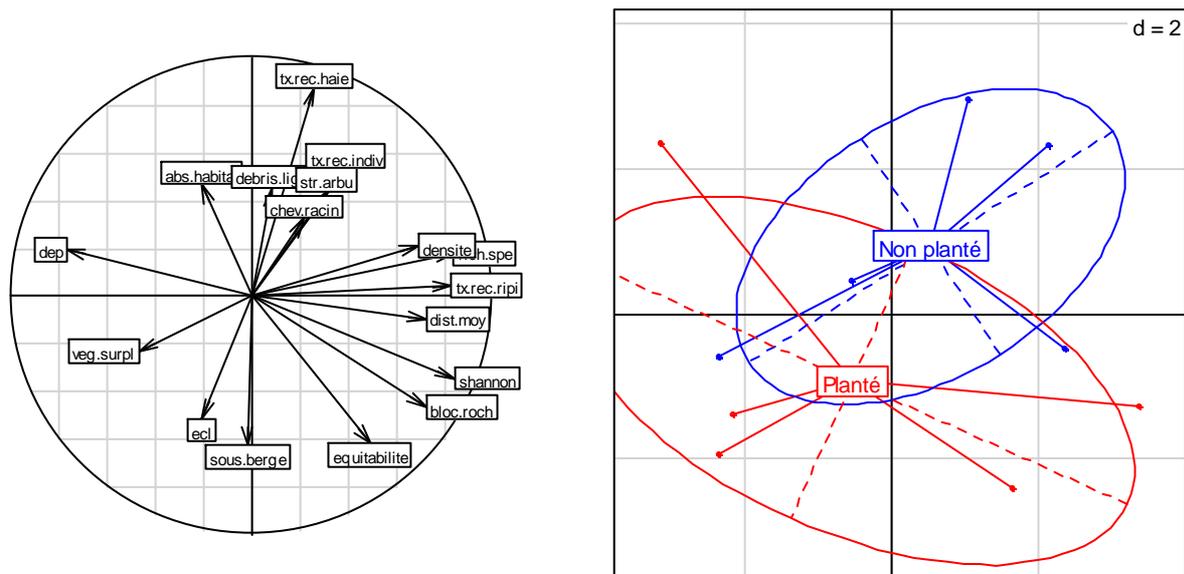


**Figure 14 :** ACP (Esch) : cercle des corrélations dans le plan factoriel principal et représentation graphique de l'effet « type de ripisylve » (Source : Hayot)

Les ripisylves plantées sont peu denses, elles ombragent peu le lit du cours d'eau et présentent des indices de diversité forts. À l'inverse, les ripisylves « naturelles » sont denses, fournies en haies et la présence de chevelu racinaire, habitat caractéristique, leur confère un rôle stabilisateur de berge (fort pourcentage de chevelu racinaire).

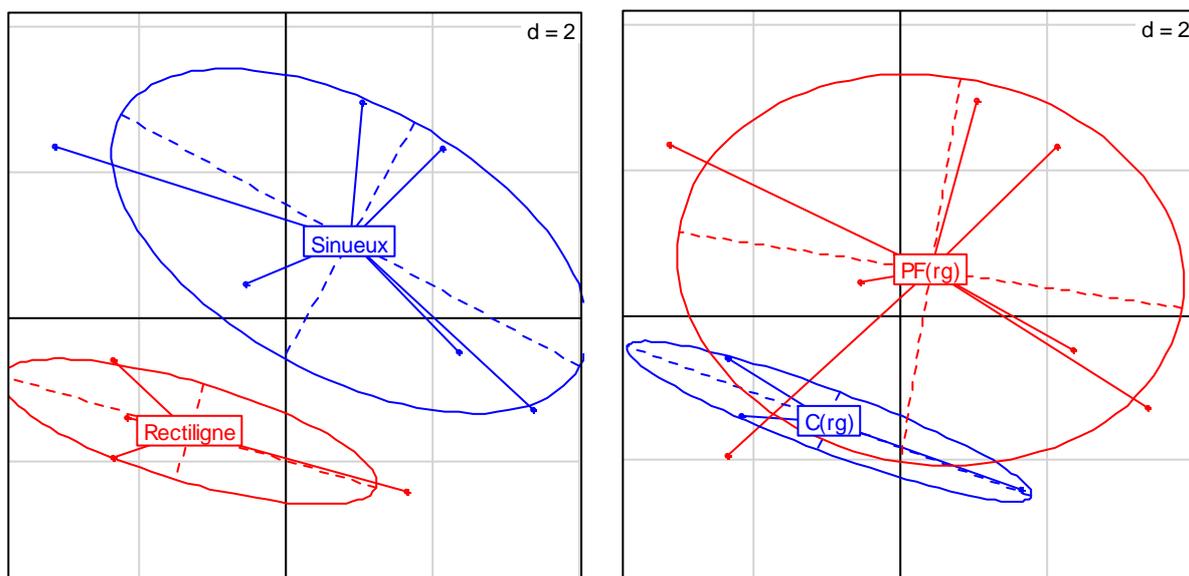
#### IV.1.3.2. Analyse des différences entre les deux types de ripisylve sur le Madon

L'axe 2 (axe vertical) met en évidence un effet « type de ripisylve » (effet moins fort que pour l'Esch) dans la distribution des stations (Figure 15).



**Figure 15 :** ACP (Madon) : cercle des corrélations dans le plan factoriel principal et représentation graphique de l'effet « type de ripisylve » (Source : Hayot)

Les ripisylves « naturelles » se différencient essentiellement des stations plantées par leur taux de recouvrement en haies. Comme sur l'Esch, les ripisylves plantées sont moins denses, l'éclaircissement du lit du cours d'eau est plus important et l'équitabilité est plus forte.



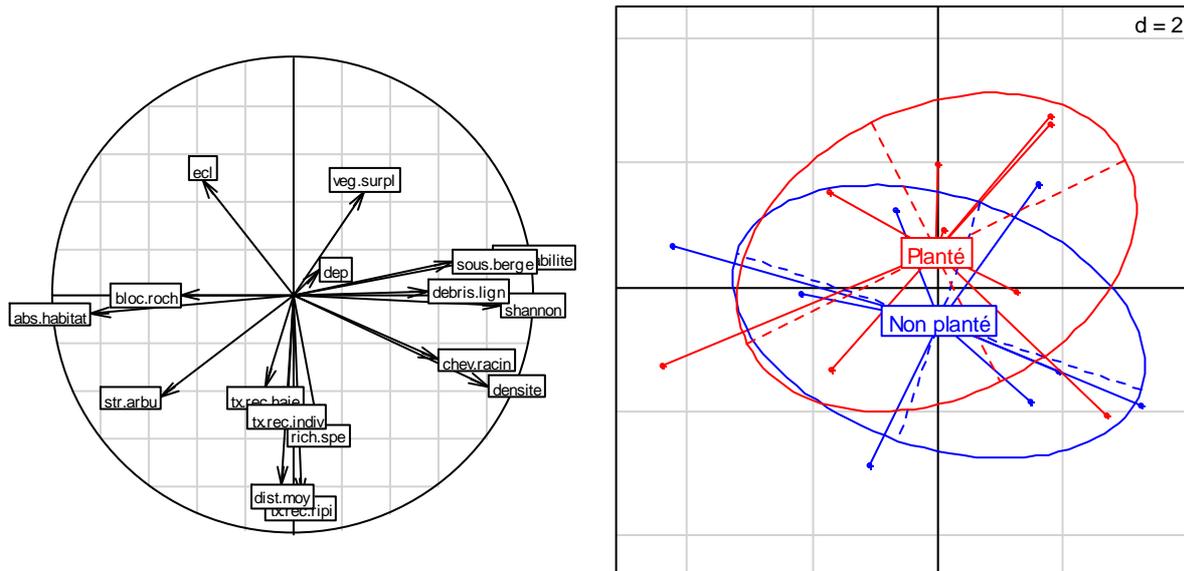
**Figure 16 :** ACP (Madon) : représentations graphiques des effets « tracé du lit » et « occupation du sol » (Source : Hayot)

De plus, les ripisylves plantées se retrouvent plus fréquemment sur les portions rectilignes plutôt que dans les méandres du cours d'eau (Figure 16). Enfin, la plantation de ripisylve s'effectue plutôt en bordure de secteurs cultivés (Figure 16).

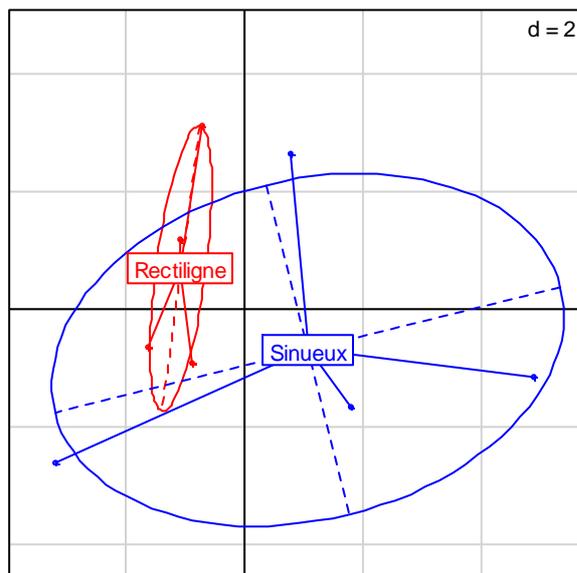
#### IV.1.3.3. Analyse des différences entre les deux types de ripisylve sur la Nied Réunie

Il est difficile de déterminer les variables à l'origine des différences entre les deux types de ripisylve. L'analyse de cette ACP est à faire avec prudence car nous l'avons effectuée sur un échantillon de stations de trop petite taille probablement (moins de 10 stations).

L'axe 2 décrit un faible effet « type de ripisylve » (Figure 17).



**Figure 17 :** ACP (Nied Réunie) : Cercle des corrélations dans le plan factoriel principal et représentation graphique de l'effet « type de ripisylve » (Source : Hayot)



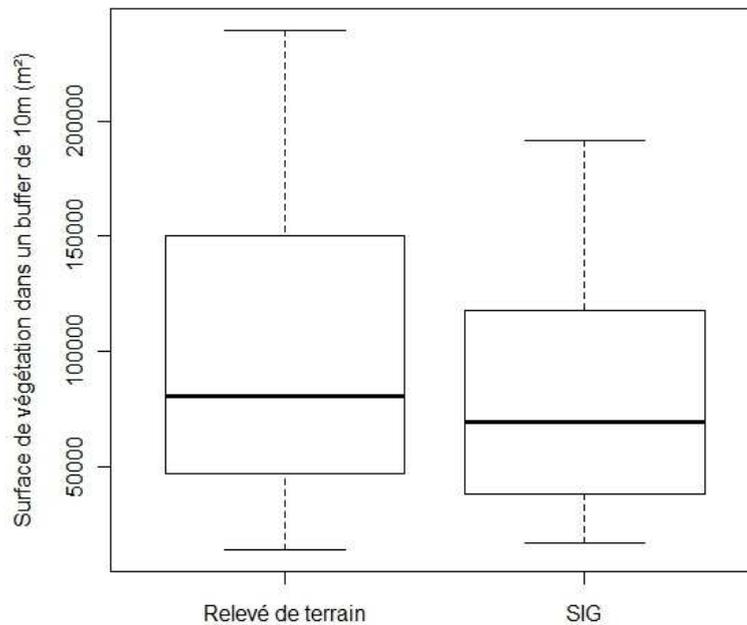
**Figure 18 :** ACP (Nied Réunie) : représentation graphique de l'effet « occupation du sol » (Source : Hayot)

Il est uniquement possible d'observer pour la ripisylve « naturelle », une présence plus importante de chevelu racinaire (variable bien représentée dans les tableaux de diagnostic de l'ACP (Annexe 19)).

De plus, les ripisylves plantées sont présentes sur les portions rectilignes des cours d'eau (même observation pour le Madon) (Figure 18).

## IV.2. Comparaison des surfaces de végétation observées à partir de l'outil SYRAH et calculées à partir de relevés de terrain

La comparaison des surfaces de végétation observées à partir de l'outil SYRAH et calculées à partir de relevés de terrain apporte une preuve de qualité du travail de terrain.



**Figure 19** : Comparaison des surfaces de végétation observées sous SIG et calculées à partir des données de terrain.

Nous obtenons un aperçu de la variabilité des surfaces de végétation (Figure 19). Ainsi, nous pouvons observer des ordres de grandeurs visiblement semblables entre les deux jeux de données (SYRAH et relevés de terrain). Cependant, le test statistique non paramétrique de Mann-Whitney révèle la présence d'une différence significative entre les deux estimations de surfaces de végétation.

# **PARTIE V - Discussion et perspectives**

---

## **V.1. Limites de l'étude**

### **V.1.1. Difficultés d'appréhension de la fonctionnalité de la ripisylve**

En plus d'une approche descriptive de la ripisylve, nous avons réfléchi à une approche fonctionnelle pour une étude plus approfondie. Elle se base sur le principe qu'une altération du fonctionnement hydromorphologique peut s'expliquer par une altération de l'état de la ripisylve. L'objectif de l'étude est le même mais, dans l'idéal, il est requis de définir :

- les altérations du fonctionnement hydromorphologique du cours d'eau liées à l'absence d'une ripisylve diversifiée et fonctionnelle,
- les principaux rôles que remplit une ripisylve diversifiée et fonctionnelle afin de garantir le bon état écologique du cours d'eau,
- les principaux descripteurs (éléments constitutifs) d'une ripisylve diversifiée et fonctionnelle,
- l'association entre un descripteur ou une combinaison de descripteurs et une fonction exercée par la ripisylve,
- l'association de chaque fonction assurée par la ripisylve à la correction d'un dysfonctionnement hydromorphologique.

Seulement, l'hydromorphologie est une nouvelle discipline, les connaissances dans ce domaine sont encore à approfondir. En effet, les processus hydromorphologiques et leurs liens avec les biocénoses sont encore mal connus à ce jour. Ce sont les nouveaux outils tels que SYRAH ou le protocole CARHYCE, croisés avec des études des biocénoses qui sont destinés à accroître cette connaissance et permettre à terme l'élaboration de méthodes de conservation et de restauration des milieux aquatiques.

À l'avenir, en combinant des études socio-économiques et une meilleure connaissance des processus hydromorphologiques et biologiques, on peut espérer mesurer les bénéfices des plantations réalisées et programmées pour atteindre le bon état écologique des cours d'eau. Cependant, le caractère multi causal des dégradations des écosystèmes aquatiques rend difficile ces approches. Pourtant, elles permettraient certainement de mieux orienter les politiques de renaturation des cours d'eau ainsi que les politiques d'aménagement du territoire. Ainsi, afin de protéger ces espaces nécessaires au bon fonctionnement de ces milieux, il semble incontournable aujourd'hui de les concilier avec les différentes activités humaines (Combe, 2003).

### **V.1.2. Limites de l'ACP**

La principale faiblesse de l'ACP est sa sensibilité aux points extrêmes. Ce manque de robustesse est notamment lié au rôle central qu'y joue le coefficient de corrélation : les points extrêmes, en perturbant les moyennes et corrélations, polluent l'analyse.

C'est pour cette raison que nous avons entrepris une étude statistique afin de valider les résultats et hypothèses émises avec l'ACP.

## V.2. Pour la reconstitution d'une ripisylve diversifiée et fonctionnelle - se poser les bonnes questions

Dans le cadre de cette étude, les échanges entre les différents acteurs (de la Délégation interrégionale Nord-Est et des services départementaux de l'Onema, du service des espaces naturels et ruraux de l'Agence de l'eau Rhin-Meuse) lors de réunions ou de rencontres sur le terrain ont permis d'établir une synthèse des préconisations techniques et impératifs en terme de reconstitution par plantations de ripisylves diversifiées et fonctionnelles.

### V.2.1. Reconstitution d'une ripisylve diversifiée

	COMPOSITION SPÉCIFIQUE	STRUCTURE (IMPLANTATION)
<b>PROBLÉMATIQUES</b>	Choix des espèces	<ul style="list-style-type: none"> <li>→ Hauteur/âge du plant (hauteur suffisante pour s'affranchir rapidement de la végétation concurrente)</li> <li>→ Position du plant sur le profil de berge</li> <li>→ Schéma de plantation (quinconce, bouquet,...) (CRPF 2005)</li> <li>→ Distance entre les plants (densité) (gestion de la compétition inter et intra-spécifique puis de l'équilibre entre zones d'ombre et zones de lumière) (OLIVIER, 1994; CRPF, 2009)</li> </ul>
<b>GRANDES PRÉCONISATIONS</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>→ Choisir des espèces adaptées aux conditions écologiques du milieu (favoriser les espèces autochtones et proscrire les espèces allochtones (problématique des invasives))</li> <li>→ Planter des espèces qui sont déjà présentes à l'état naturel sur le type cours d'eau</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>→ Respecter les exigences écologiques des espèces (édaphique, hydrique,...)</li> <li>→ Favoriser une hétérogénéité (multistratification)</li> <li>→ Prise en compte du paysage</li> <li>→ Prise en compte de la dynamique de régénération des espèces</li> <li>→ Prise en compte du fonctionnement du cours d'eau</li> </ul>
<b>OBJECTIFS</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>→ Diversité spécifique suffisante</li> <li>→ Diversité d'habitats</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>→ Diversité en âge</li> <li>→ Diversité d'habitats</li> <li>→ Stabilité des berges</li> <li>→ Esthétisme</li> </ul>
<b>PROPOSITION D'OUTILS</b>	Liste indicatrice maximale d'espèces	Typologie d'implantation par espèce et par cours d'eau

**Tableau 13** : Synthèse des connaissances pour la reconstitution d'une ripisylve diversifiée et fonctionnelle.

### V.2.2. Reconstitution de ripisylve par plantations : optique sur du long terme

Des alternatives à la reconstitution par plantations sont mises en avant, avec entre autres la « restauration écologique passive ». En effet, « dans le cas d'écosystèmes rivulaires ayant tendance à être très résilients de par la présence d'espèces adaptées à de hauts niveaux de perturbations naturelles, des efforts passifs tels que l'exclusion du bétail ou autres sont souvent les seules actions nécessaires pour arriver à une restauration réussie » (Forget et Bernez, 2010).

Cependant, face au constat d'une évolution lente de ces milieux rivulaires (développement végétal, retour à une dynamique « naturelle ») (Mangeot, 2009), la plantation semble le moyen le plus efficace pour accélérer le processus de reconstitution de ripisylves diversifiées et fonctionnelles (sur les secteurs dénudés) et espérer atteindre, d'ici 2015, les objectifs de « bon état » imposés par la DCE.

<b>Reconstitution de ripisylve par plantations : principales réflexions</b>	
<b>Problématiques</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>→ Récolement (critères objectifs d'évaluation ou indicateurs du "rétablissement" des ripisylves)</li> <li>→ Intégration du temps de repousse à la reconquête du bon état du cours d'eau</li> <li>→ Comment considérer une ripisylve comme fonctionnelle (ou acquise)?</li> </ul>
<b>Pourquoi et dans quels cas planter ? (PEREIRA 2006)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>→ Quand la végétation riveraine est absente, très clairsemée ou inadaptée (ripisylve dégradée, endommagée ou détruite)</li> <li>→ Quand on ne peut plus utiliser les opportunités de régénération naturelle (régénération insuffisante) / ou favoriser l'installation progressive de ligneux ou semi-ligneux en sous-étage</li> <li>→ Quand la diversité d'espèces est trop faible (rediversification)</li> <li>→ Après une renaturation, comme un reméandrement par exemple (en effet, une fois que la ripisylve est reconstituée, il n'est plus question de faire du reméandrement, il convient d'anticiper les travaux à effectuer avant toute initiative de plantation) afin de laisser le cours d'eau se stabiliser</li> </ul>
<b>Avantages de la plantation</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>→ S'inscrit dans une optique de long terme</li> <li>→ Permet essentiellement d'accélérer le processus de recréation d'une ripisylve : donc il s'agira surtout de replanter des tiges de haut jet</li> <li>→ Initie ou accélère le rétablissement de la ripisylve avec le respect de la composition spécifique, de la structure des communautés, des fonctions écologiques, de la cohérence avec l'environnement physique et de la connectivité avec le paysage alentour</li> </ul>
<b>Objectifs d'une plantation réussie</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Respect de la composition spécifique</li> <li>Respect de la structure des communautés</li> <li>Respect des fonctions écologiques</li> <li>Respect de la cohérence avec l'environnement physique</li> <li>Respect de la connectivité avec le paysage alentour</li> </ul>
<b>Dans quels cas ne pas planter ?</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>→ Quand on veut favoriser la mobilité du lit (autrement dit lorsque la dynamique naturelle du cours d'eau n'est pas encore établie)</li> <li>→ Quand on veut permettre au cours d'eau de retrouver un équilibre dynamique à l'issue d'une restauration de son hydromorphologie (divagation) (le lit est souvent sous-dimensionné afin de favoriser l'érosion des berges et donc le rétablissement de la dynamique naturelle du cours d'eau)</li> <li>→ Quand la régénération naturelle est suffisante quantitativement et qualitativement</li> </ul>
<b>Précautions particulières</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>→ Qualité et provenance des plants (garantie de reprise et évacuation des plants non conformes au départ)</li> <li>→ Protection des plants (contre l'abrutissement/frottis du gibier et du bétail) : proscrire les protections individuelles au profit d'un recul des clôtures en prairies</li> <li>→ Périodes de plantation (éviter les périodes de gel)</li> <li>→ Techniques de plantation (sauvegarde du système racinaire)</li> </ul>

**Tableau 14 :** Synthèse des principales réflexions en terme de plantation de ripisylve

### **V.3. Bilan de l'analyse des données et amélioration du protocole**

#### **V.3.1. Principales observations de terrain**

L'Esch est un cours d'eau de faible largeur, sinueux, avec une ripisylve très peu dense. La reprise des plants sur les stations reconstituées est souvent mauvaise (plant arraché, état sanitaire déclinant, etc.). Le Madon qui est un cours d'eau plus large, moins méandreux et barré par de nombreux seuils (fonction de diversification de l'écoulement), possède une ripisylve plus dense mais vieillissante. On constate essentiellement des plantations complémentaires en faible densité, sur des linéaires de quelques mètres seulement, ce qui a rendu difficile le repérage des stations avec ripisylves plantées. Enfin, la Nied Réunion a une largeur intermédiaire entre les deux autres cours d'eau. Tout comme le Madon, il présente d'importantes portions rectilignes. Il a subi un fort curage dans le passé et possède une ripisylve assez dense. Inversement au Madon, les berges de la Nied Réunion sont majoritairement plantées, ne facilitant pas le repérage de stations avec ripisylve naturelle.

Les principales observations de terrain relatives aux différences entre les ripisylves naturelles et les ripisylves plantées sont communes à l'ensemble des cours d'eau étudiés. Nous avons constaté que la richesse spécifique des ripisylves plantées est supérieure à celle observée pour les naturelles. En effet, sur chaque cours d'eau, la composition spécifique des ripisylves naturelles varie peu d'une station à l'autre, elle est uniforme. On rencontre les mêmes essences d'arbres (saules, aulnes, etc.) et d'arbustes (aubépines, prunellier, etc.) de bord de cours d'eau. Ces espèces qui se sont installées spontanément

sur les berges, sont les mieux adaptées aux conditions du milieu qui répondent à leurs exigences écologiques. Ces ripisylves plus buissonnantes sont souvent plus denses que celles plantées et la totalité des effectifs se concentre sur quelques espèces seulement.

À l'inverse, les ripisylves reconstituées, moins denses, présentent une diversité spécifique parfois importante avec de faibles abondances relatives. Certaines espèces plantées ne se rencontrent pas à l'état naturel (espèces indigènes) sur le cours d'eau. Il s'agit d'espèces de pépinière (espèces hybridées ou ornementales), plus ou moins adaptées au milieu mais qui sont disponibles au moment de la plantation (cornouiller d'ornement par exemple). En plus de celles-ci, on rencontre également des espèces comme le Robinier faux-acacia ou des cultivars de peuplier. Cependant, le caractère envahissant des espèces introduites n'a pas été observé sur les stations de mesures.

En plus d'une richesse et diversité spécifique élevées, les ripisylves plantées sont plus distantes du pied de berge. En effet, on a pu constater que les arbres étaient plutôt plantés en haut de berge, en ligne, avec un espacement régulier. Ce schéma de plantation se retrouve essentiellement sur la Nied Réunion avec des arbres plantés perchés en haut des berges abruptes. Dans ces lignes de plantation, on rencontre souvent une diversité spécifique importante. Autrement dit, il semblerait que les exigences hydriques des espèces (entre autres) ne soient pas prises en compte. De plus, ce choix de plantation est probablement fait en fonction des contraintes de terrain. En effet, les maîtres d'œuvre n'ont pas toujours accès aux pentes de berges, la solution de facilité est donc de planter en haut de berge. Ce schéma de plantation peut également correspondre aux objectifs de l'époque. En effet, d'après P.Goetghebeur, dans le passé, s'il y avait une absence totale de ripisylve, on en a recréé une, le plus souvent par la plantation de lignes d'arbres accompagnée de la pose d'une clôture de protection. On a planté ainsi car cela s'avérait être une bonne stratégie. En effet, cette ligne de plantation fait office de haie et sépare la berge du terrain agricole. De plus, la venue naturelle d'arbustes derrière la ligne d'arbres a souvent été constatée (recréation d'une ripisylve par régénération naturelle). Cependant, nos observations de terrain et l'analyse des données faite sur notre échantillon de stations contredisent ces propos.

Ces hypothèses de terrain sont confirmées par l'analyse des données.

### **V.3.2. Critères à considérer pour entreprendre une reconstitution par plantation d'une ripisylve**

L'analyse statistique des données, nous a permis d'isoler 6 critères descriptifs capables de discriminer les deux types de ripisylves :

- la densité
- la richesse et la diversité spécifiques
- la diversité d'habitats (chevelu racinaire et absence d'habitat)
- la distance moyenne au pied de berge
- l'éclairement du lit
- la présence de haies

Ces paramètres interagissent entre eux afin de caractériser le niveau de diversification et de fonctionnalité de la ripisylve. C'est sur la base de ces critères que doit être entreprise une reconstitution de ripisylve équilibrée. De plus, selon le contexte (usage et dynamique du cours d'eau), l'importance des critères dans un programme de plantation, n'est pas la même.

Cette problématique de plantation de la ripisylve est un sujet d'actualité. En effet, les différentes agences de l'eau développent des guides de reconstitution avec les enseignements tirés des retours d'expérience.



Ripisylve naturelle plus dense (Source : Hayot)

D'après Mangeot (2009) « le maintien d'une ripisylve dense participe grandement à l'optimisation de la capacité auto-épuratoire du milieu en filtrant une partie des éléments polluants avant leur arrivée dans le cours d'eau ».



Rôle de maintien des berges (Source : Hayot)

En plus d'assurer un rôle de filtre, une ripisylve dense est constituée d'un réseau racinaire important qui renforce la stabilité des berges (lutte contre l'érosion).

Cependant, les espèces n'ont pas toutes le même pouvoir stabilisateur. Les saules, les aulnes et les frênes sont des essences à enracinement profond même sur sols engorgés (brochure AEAP), ce sont les plus efficaces. Enfin, plus une ripisylve est dense, plus elle peut présenter une diversité d'habitat (sous berge, chevelu racinaire, etc.). En effet, nous avons pu constater sur l'Esch, une absence d'habitat caractéristique (de berges) liée entre autre à une ripisylve éparse.

Ce critère de densité (couplé à l'épaisseur de la ripisylve) est donc à considérer lors d'une reconstitution de ripisylve en bordure de culture afin d'assurer un rôle de filtre à la végétation rivulaire en devenir. Cependant, cette efficacité de lutte contre les pollutions diffuses est augmentée avec la présence d'une bande enherbée. En outre, une ripisylve dense composée d'essences stabilisatrices de berges doit être privilégiée lors de programmes de plantation pour lutter contre l'érosion.

Aujourd'hui, l'un des principaux objectifs de la reconstitution est la diversification de la végétation rivulaire (Goetghebeur et Mangeot, 2010).



*Banalisation des ripisylve (Source : Hayot)*

En effet, les coupes successives et non sélectives menées dans le passé ont conduit à l'uniformisation des ripisylves. Dans ce contexte, seules les essences qui rejettent se maintiennent (saules et aulnes essentiellement) (Duval, 2003).

De ce fait, la lutte contre cette uniformisation de la végétation rivulaire s'inscrit dans les priorités de reconstitution des ripisylves par plantation.

Cependant, augmenter la richesse spécifique des ripisylves reconstituées ne doit pas nécessiter l'introduction de nouvelles espèces mais uniquement l'implantation d'espèces indigènes.



*Érable rouge (espèce d'ornement)(Source : Hayot)*



*Cultivars de peupliers (Source : Hayot)*

En effet, pour la réussite d'une plantation, il est important de respecter l'écologie de l'espèce donc de bien connaître les conditions du milieu dans lesquelles on souhaite planter. De nombreuses listes d'espèces à favoriser au sein des ripisylves ont d'ailleurs déjà été produites (CRF Poitou-Charentes, 2009) mais celles-ci doivent être impérativement adaptées à chaque type de cours d'eau. L'installation de nouvelles espèces (absentes à l'état naturel sur le cours d'eau) s'explique donc probablement par l'absence d'étude botanique préalable sur les cours d'eau ou par un souci d'apporter plus de diversité spécifique pour contribuer à la préservation de la biodiversité et créer de nouveaux habitats favorisant une diversité faunistique. Autrement dit, l'intérêt de reconstituer une ripisylve diversifiée en essences ne doit pas être l'atteinte de la plus grande biodiversité possible mais bien l'obtention d'une composition spécifique optimale. L'objectif de diversification est de reconstituer une ripisylve avec des essences autochtones uniquement (Jacob et Mansion, non renseigné).

La diversité spécifique ne doit pas être le seul objectif de diversification. Il est également important de créer une diversité en âge (pour favoriser la régénération naturelle de la végétation) et en strate. En effet, d'après les premiers retours d'expérience, « la diversification de la végétation des berges, en strates et essences, favorise l'apparition d'habitats nouveaux et, de ce fait, le retour d'une faune disparue ou en régression »

(Goetghebeur et Mangeot, 2010). De plus, dans le cadre de notre étude, nous avons pu constater sur les stations avec ripisylves plantées, un déséquilibre entre espèces arbustives et arborescentes, avec l'absence de haies basses buissonnantes. Cette absence est à l'origine d'un trop fort éclaircissement du cours d'eau. Ainsi, le rôle microclimatique de la ripisylve assuré par l'alternance de zones d'ombre (CRPF Poitou-Charentes, 2005) et de lumière ainsi que sa fonction hydrologique (ralentissement de la vitesse du courant) ne sont pas observés. Cependant, il convient tout de même de limiter la végétation buissonnante afin qu'elle n'envahisse pas le lit du cours d'eau, tout en préservant les arbustes participant à la fixation des berges et intéressant pour la faune.

Enfin, lors de nos prospections de terrain, il a été essentiellement mis en évidence des plantations de tiges de haut jet, alignées sur le haut de berge. L'objectif de cette opération est d'obtenir rapidement une végétation de grande taille qui renforce, cependant, « le sentiment anthropique de l'aménagement » (Duval, 2003). D'après les travaux de Duval (2003), « si la zone n'est pas pâturée et ne souffre pas d'une trop forte pression du gibier, on laisse évoluer naturellement la plantation. À terme, des arbustes devraient s'implanter et ainsi reconstituer une ripisylve diversifiée et étagée ».



Cependant, nous avons observé peu de rejets de plantation et une régénération naturelle insuffisante (essentiellement sur la Nied Réunion). De plus, certaines espèces plantées en haut de berge s'installent spontanément plus en bordure du cours d'eau. Cette problématique d'implantation contribue certainement à une mauvaise reprise du plant observée parfois.

Des essences arbustives peuvent alors être plantées sur le profil de berge afin d'aider la régénération naturelle. Il s'agirait de mettre en place des bouturages (saules) afin de profiter de leurs facultés végétatives pour reconstituer une ripisylve. D'après Duval (2003), « la répartition et l'installation des tiges sur le profil de la berge sont très importantes. [...] L'intérêt est de permettre un étagement de la végétation », cependant cette succession végétale est mal représentée sur les stations avec ripisylves plantées.

L'alternative à la plantation en ligne est le bosquet car lorsqu'il est dense et diversifié, il constitue un « puits de renouvellement » (Duval, 2003). De plus, ce schéma de plantation crée une alternance de zones éclairées et d'ombrage.

### **V.3.3. Une meilleure adaptation du protocole**

En plus des difficultés rencontrées sur le terrain, l'analyse des données a permis d'identifier certaines faiblesses dans notre protocole ce qui nécessite l'apport de quelques améliorations ainsi que la création d'une nouvelle fiche de terrain plus adaptée. Les

modifications apportées au protocole doivent permettre de pallier les problèmes d'homogénéité des données et de constance entre le début et la fin de la phase de terrain.

Le nombre d'espèces recensées est inhérent à la longueur parcourue sur le cours d'eau. Autrement dit, la reprise du protocole CARHYCE pour définir la longueur de la station (14 fois la largeur à pleins bords) n'est donc pas applicable dans notre approche descriptive de la ripisylve. En effet, comme les conditions d'application du protocole CARHYCE le spécifient, « selon les lois de l'hydromorphologie fluviale, proportionnels à la largeur du cours d'eau, elle même fonction du(des) débit(s) «morphogène(s)», nous proposons que la longueur d'une station de mesure soit de l'ordre de 14 fois sa largeur à pleins bords, valeur qui doit en théorie permettre de décrire au moins deux séquences de faciès » (ONEMA 2009). Cependant, cette condition n'est pas à considérer pour la description de la végétation rivulaire.

Ainsi, dans le cadre de notre étude, une des solutions serait de déterminer au préalable, le nombre d'espèces présentes sur le cours d'eau en parcourant à pied un secteur plus important pour mesurer la richesse spécifique maximale (espèces arborées et arbustives). Cette prospection doit permettre d'évaluer la distance minimale souhaitable afin de dresser un inventaire exhaustif des espèces (et éviter une redondance dans l'inventaire floristique) présentes sur le cours d'eau. L'objectif est de fixer une longueur de station (pour chacun des cours d'eau) afin de supprimer l'effet « longueur » sur la richesse spécifique (Annexe 24 et 25).

Les relevés qualitatifs des grandeurs hydromorphologiques (pente et hauteur des berges, largeur et tracé du lit), des caractéristiques de plantation (taux de végétation plantée, présente ou absente à l'état naturel sur le cours d'eau) et du niveau d'anthropisation (occupation du sol, aménagements) sont conservés car permettent d'expliquer pour la plupart la variabilité des critères descriptifs de la ripisylve et sont suffisants par rapport à une description qualitative engagée sur la base de mesures de terrain.

L'ensemble des données relatives à la description de la végétation rivulaire ont été utilisées pour l'analyse comparative. Nous avons fait le choix de relever les caractéristiques de chaque individu (arbre et arbuste isolés, cépée) pour les calculs de densité ou de surface de la ripisylve, par exemple. Cependant, la détermination des espèces pour chaque individu est trop chronophage. Il n'est pas question dans ce travail d'effectuer une étude phytosociologique mais uniquement de calculer la richesse et de la diversité spécifique de la ripisylve. Autrement dit, apporter simplement les proportions de chaque espèce sur la station s'avère suffisant.

De plus, il serait pertinent de mesurer le recouvrement de la strate herbacée, pour une meilleure prise en compte de la diversité en âge de la ripisylve.

La comparaison des deux méthodes d'évaluation des surfaces de végétation nous permet d'observer une différence significative dans les estimations. Malgré une échelle plus fine d'analyse pour les mesures de terrain, le recouvrement des houppiers ainsi que la taille des arbres n'ont pas été étudiés. En effet, afin d'obtenir une surface de la ripisylve, nous avons fait le choix d'utiliser les surfaces terrières (calculées à l'aide des diamètres relevés) et les surfaces occupées par des haies. Seulement, avec cette alternative de terrain nous ne prenons pas en compte l'espace occupé par les houppiers, ainsi nous obtenons un fort biais

dans les mesures de surfaces. À l'avenir, il serait judicieux d'effectuer ces mesures manquantes afin de connaître plus précisément la surface d'influence de la ripisylve (ombrage,...).

Ainsi, l'utilisation de la nouvelle fiche de terrain (Annexes 24 et 25) pourrait être adaptée et étendue à d'autres études comparatives d'état de la ripisylve.

#### **V.4. Les perspectives**

Les techniques de reconstitution par plantations conduites à l'époque et encore actuellement, relèvent plus de l'économie (économie agricole sur les parcelles riveraines), de la disponibilité d'essences issues de pépinières et d'une logique métrique que de l'intégration dans un écosystème.

Peu de bureaux d'études, de maîtres d'œuvre et d'ouvrage intègrent toutes les fonctionnalités de la ripisylve dans leurs travaux. Le maître d'œuvre, à l'origine et financeur du projet, est plus souvent soucieux de son apport économique que de l'équilibre écologique des milieux concernés par les travaux. De plus, les bureaux d'études, en charge d'établir les cahiers des charges que doivent suivre les maîtres d'ouvrage, ne respectent pas toujours les capacités d'accueil des milieux naturels. Entre autres, l'introduction d'espèces mal adaptées au milieu ou allochtones, sur les secteurs plantés, reflète cette négligence ou ce manque de compétence des bureaux d'étude.

Afin de limiter, voire supprimer les problèmes liés à l'installation de telles espèces, les bureaux d'études responsables du diagnostic de l'état du milieu avant travaux, devraient déterminer les espèces autochtones présentes sur le cours d'eau. En effet, des conditions strictes dans le choix des espèces doivent être formulées lors de la rédaction des cahiers des charges. Une liste exhaustive des espèces adaptées au cours d'eau doit être établie et ajoutée aux cahiers des charges. Il doit être convenu d'implanter uniquement les espèces citées et en aucun cas d'autres.

De plus, les pépiniéristes doivent être informés des risques écologiques liés à l'introduction de ces espèces indésirables (cultivars de peupliers, espèces d'ornement, etc.) sur les cours d'eau. Ils doivent être sensibilisés et encouragés à reconsidérer les espèces qu'ils produisent et sélectionner uniquement celles qui ne présentent pas un danger pour l'environnement.

Ces mesures de vigilance pourraient limiter, à long terme, d'autres introductions d'espèces indésirables.



*Tâche de Renouée du Japon  
(Source : Hayot)*

Dans le cadre de notre étude, nous n'avons pas rencontré d'espèces invasives (renouée du Japon, Balsamine de l'Himalaya, etc.) sur le bord des cours d'eau. Cette problématique n'est donc pas abordée dans notre travail. Toutefois, cette installation d'espèces invasives sur les berges des cours d'eau étant très préoccupante, de nombreuses recherches sur ce sujet sont réalisées. Les modes de contrôle des invasions ne sont pas toujours encore bien définis (Muller, 2005).

S'ajoute à cela une logique métrique qui ne respecte pas toujours les exigences écologiques des espèces, pourtant adaptées au milieu. En effet, le positionnement du plant sur le profil de berge doit correspondre à l'implantation naturelle de l'espèce sur le cours d'eau.

Toutefois, les services départementaux de l'ONEMA peuvent donner un avis sur les cahiers des clauses techniques particulières (CCTP) et intervenir lors de la réception des travaux afin d'évaluer la qualité du travail. De plus, les techniciens de rivière en charge de l'entretien des cours d'eau sont capables de repérer les sites devant être plantés. En effet, la bonne connaissance qu'ils ont des problématiques de leur secteur peut permettre d'améliorer la qualité des plantations. En outre, une économie dans la plantation serait possible en favorisant le bouturage (par rapport aux plantations de hauts jets mis en place par les maîtres d'ouvrage) que pourraient faire certains techniciens de rivières.



En zone de pâturage, le piétinement et l'abrouissement par le bétail constitue la menace la plus grande pour la ripisylve.

Ainsi, le moyen le plus efficace de limiter les dégâts est avant tout la pose systématique de clôtures afin d'empêcher les abreuvoirs sauvages et la consommation des jeunes pousses (frein à la régénération naturelle) (Paris et Durllet, 2009).

Afin de réparer certaines des erreurs commises, à l'époque, lors des premières reconstitutions, il convient certainement d'essayer de les corriger par la mise en place de programmes d'entretien ou par la reprise des travaux sur certains chantiers.

Cette étude s'est concentrée sur trois types de cours d'eau de plaine, un élargissement de l'étude à d'autres cours d'eau (en tresses ou à lit mobile, de montagne) et à d'autres régions (différences de géologie, climat, botanique, etc.) est souhaité afin de généraliser nos observations et étendre nos connaissances dans le domaine de la reconstitution des ripisylves, en se confrontant à de nouvelles problématiques.

De plus, la synthèse des enseignements tirés de ces nouvelles études doit permettre d'améliorer la prise en compte de certaines perturbations, encore mal identifiées comme l'incision du lit. Par exemple, avec l'observation d'une baisse des nappes et d'une substitution des essences de bois tendre par des essences de bois dur, il serait possible de mesurer l'incision du lit (Valette, 2010).

Enfin, il serait judicieux d'organiser une journée technique, d'information sur la reconstitution des ripisylves par plantation. En effet, une journée de rencontre entre les chargés d'affaires de l'Agence de l'eau et agents de l'ONEMA sur ce sujet est l'occasion de confronter leurs impératifs et les moyens mis en œuvre aux objectifs de reconquête du bon état écologique.

# Glossaire

---

## **Berge (ou rive)**

Bord en surplomb (relevé ou escarpé) d'un cours d'eau, d'un lac ou d'un étang.

## **Corridor**

Couloir où transitent des flux d'eau, de matière, d'espèces et d'énergie

## **Couvert environnemental**

Couvert végétal ayant notamment comme fonction la protection des sols contre l'érosion, la protection des cours d'eau, de nappes aquifères ou de zones humides.

## **Éco-complexe**

Ensemble d'écosystèmes interactifs soumis à un même régime de perturbations et dont l'agencement spatial, les relations particulières et l'histoire expliquent un fonctionnement propre.

## **Écotone**

Zone de transition à la frontière de deux écosystèmes (zone écotonale : terme de l'écologie du paysage désignant la zone de transition entre deux formations végétales ou entre deux biocénoses).

## **Forêt alluviale**

Terme utilisé communément pour identifier les forêts riveraines des grands cours d'eau. Terme utilisé par les écologues pour définir la forêt qui s'installe sur les sols hydromorphes (gley, semi-gley, amphigley).

## **Forêt inondable**

Toute forêt qui est inondable, même exceptionnellement. Elle peut abriter toutes sortes d'espèces, même collinéennes. Elle s'étend en bord de cours d'eau ou occupe des zones déprimées présentant une nappe phréatique perchée susceptible de déborder à la suite de fortes pluies.

## **Forêt riveraine**

Milieu riverain d'un cours d'eau dont la couverture végétale est dominée par les groupements arborés.

## **Haie**

Association d'arbustes ou d'arbres. La haie naturelle est constituée d'espèces et essences locales et variées.

Il s'agit dans notre étude de haies basses buissonnantes composée d'arbrisseaux ou buissons de 2 à 4 m de haut maximum (cornouiller, prunellier, noisetier, etc.)

## **Hydromorphie**

Physionomie d'un sol due à un défaut de drainage interne. Par extension, désigne le processus ou les conditions elles-mêmes. Les conditions réductrices qui en résultent favorisent la libération de métaux comme le fer et le manganèse, qui circulent dans le sol sous la forme de sels solubles et peuvent précipiter en période aérobie (taches « rouille »).

Un stade d'anaérobiose prolongé ou permanent ralentit l'humification et l'hydromorphie se traduit alors par une évolution tourbeuse ou paratourbeuse de la matière organique.

### **Milieu riverain**

---

Milieu localisé sur la rive d'une zone en eau, soit une surface plane de quelques mètres à plusieurs centaines de mètres bordant la zone en eau ainsi que le talus (ou berge) qui les relie ; sa dynamique est influencée par l'eau souterraine, ou par l'eau superficielle durant les crues. Il peut être occupé par des formations pionnières mais aussi plus mûres, étant entendu que l'influence du plan d'eau, peut n'être que très exceptionnelle.

### **Recalibrage**

---

Intervention consistant à reprendre en totalité le lit et les berges d'un cours d'eau dans l'objectif prioritaire d'augmenter la capacité hydraulique du tronçon. Cela implique l'accélération des flux et donc l'augmentation des risques de crues en aval. Il s'agit d'une intervention lourde modifiant profondément le profil en travers et plus souvent le profil en long de la rivière, aboutissant à un milieu totalement modifié (suppression de la végétation des berges, destruction de l'habitat piscicole, etc.)

### **Renaturation**

---

La renaturation consiste à recréer de manière globale un fonctionnement écologique et une diversité biologique à la fois du lit, des berges, des écoulements, etc., dégradés par les travaux hydrauliques ou d'autres interventions humaines.

### **Restauration**

---

La restauration consiste à mettre en place ou à maintenir un compromis acceptable entre le fonctionnement écologique d'un cours d'eau et le maintien des écoulements ou des autres conditions nécessaires aux usages en vigueur sur ce cours d'eau.

### **Rivulaire**

---

De berge et de rive

### **Talweg**

---

Ligne joignant les points bas d'une vallée ou du lit d'un cours d'eau.

### **Zone hyporhéique**

---

Fond du cours d'eau.

## Références bibliographiques

---

- Adam, P., Debiais, N., Malavoi, J.R., 2007. Manuel de restauration hydromorphologique des cours d'eau. Agence de l'eau Seine-Normandie. 64 p.
- AEAG, 2009. Dossier : quelles rivières pour demain ? AdourGaronne, n°105. p. 15-23
- AEAP, 2009. Guide pour la restauration des ripisylves. 28 p. (brochure)
- AERM, 2005. Plantes invasives des milieux aquatiques et des zones humides du Nord-Est de la France : une menace pour notre environnement. AERM/Laboratoire de Biodiversité et de Fonctionnement des Ecosystèmes de l'Université de Metz. 19 p.
- AERM, 2007. Dépérissement des aulnes glutineux dû à *Phytophthora alni*. AERM/INRA Nancy/FREDON Lorraine. 8 p.
- AERM, 2008. Les ripisylves : des systèmes naturels à préserver, compatibles avec votre activité agricole. 4 p. (brochure)
- Barbault, R., 1992. Écologie des peuplements : structure, dynamique et évolution. p. 14-17
- Bertrand, P., Gonin, P., Nicolas, M.L., Platel, N., 2001. Préoccupations environnementales et gestion des boisements riverains de la Garonne. CRPF Midi-Pyrénées. 263 p. + annexes
- Bessagnet, J.C., Goetghebeur, P., Russo, P., Walter, S., 2000. Guide gestion de la végétation des bords de cours d'eau. AERM. 55 p. + annexes
- Calandre, P., Jacono, D., 2006. Bassin Seine-Normandie. Protection et gestion des rivières du secteur Seine-aval. Chapitre 6 : Végétation des berges - Ripisylve. AESN. p.81-92
- Chandesris, A., Malavoi, J.R., Souchon, J.Y., Wasson, J.G., Mengin, N., 2007. Le SYstème Relationnel d'Audit de l'hydromorphologie des cours d'eau (SYRAH CE) : un outil multi-échelles d'aide à la décision pour la gestion des cours d'eau. Congrès "La gestion physique des cours d'eau : bilan d'une décennie d'ingénierie écologique", Namur (10-12 octobre 2007). CEMAGREF Lyon. 195-199 (5p.)
- Chandesris, A., Mengin, N., Malavoi J.R., Souchon, Y., Wasson, J.G., 2008. SYstème Relationnel d'Audit de l'Hydromorphologie des Cours d'Eau - Principes et méthodes. CEMAGREF Lyon. 64 p. + annexes.
- Chandesris, A., Mengin, N., Malavoi J.R., Souchon, Y., Wasson, J.G., Pella, H., 2009. SYstème Relationnel d'Audit de l'Hydromorphologie des Cours d'Eau - Atlas à large échelle. CEMAGREF Lyon. 58p.
- Combe, P.M., 2003. Intérêt économique de la ripisylve. Dans : *Les forêts riveraines des cours d'eau*. 330-351 p.
- Cossin, M., Girel, J., 2003. De l'écologie du paysage à la perception paysagère des milieux ripicoles. Dans : *Les forêts riveraines des cours d'eau*. 218 - 239 p.
- CRPF Poitou-Charentes, 2005. La création des ripisylves. CRPF Poitou-Charentes et AELB. 2p.
- CRPF Auvergne, 2006. Comment mesurer la grosseur d'un arbre. Forêt d'Auvergne – Fiche technique n°38. 4 p.
- CRPF Poitou-Charentes, 2009. Liste des végétaux à favoriser au sein des ripisylves. CRPF Poitou-Charentes et AELB. 2 p.
- DALN, 2009. La loi sur l'eau et les milieux aquatiques du 30 décembre 2006. 8p.
- Daltry, T., Dole-Olivier, M.J., Marmonier, P., Claret, C., Perrin, J.F., Lafont, M., Breil, P., 2008. La zone hyporhéique, une composante à ne pas négliger dans l'état des lieux et la restauration des cours d'eau. Ingénieries, n°54. 3-18 p.

- Degoutte, G., 2006. Diagnostic, aménagement et gestion des rivières. Hydraulique et morphologie fluviales appliquées - Chapitre 3 : Formes naturelles des rivières; Ripisylve; Evolution des berges. 55-76 p.
- Dufour, S., Piégay, H., 2004. Guide de gestion des forêts riveraines de cours d'eau. CNRS/Université Lyon 3/AERMC. 132 p.
- Dutartre, A., 1991. Impacts liés aux travaux d'aménagement sur les cours d'eau : évaluation, méthodologie, aide à la gestion - Protocole d'examen rapide des ripisylves des cours d'eau destiné à prévoir les modalités pratiques de leur gestion : application sur quelques cours d'eau du Sud-ouest de la France. CEMAGREF Bordeaux. 111-130 p.
- Duval, V. (2003). Replanter le bord des cours d'eau - Pourquoi? Comment? Université de Toulouse. 30 p.
- Forget, G., Bernez, Y., 2010. L'ingénierie des écosystèmes au service d'une nouvelle gestion des ruisseaux - Enjeux de la Restauration Ecologique Passive (REP) de berges pour la biodiversité et pour le fonctionnement des petits cours d'eau. INRA Rennes et ONEMA 64 p.
- Forst, C., 2010. La restauration des cours d'eau : recueil d'expériences sur l'hydromorphologie. ONEMA.
- Goetghebeur, P., Mangeot, P., 2010. Guide de gestion des travaux de renaturation des émissaires agricoles de plaine sur le bassin Rhin-Meuse - Fiches techniques. AERM. 43 p. + annexes
- Heidmann, F., Schirmer, R., Pichon, F., 1998. Typologie des cours d'eau du bassin Rhin-Meuse - Compléments et consolidation. AERM. 55 p. + annexes.
- Jacob, J.-C., Mansion, D., (non renseigné). Guide des arbres et arbustes des bords de rivières - Réhabilitation et gestion des boisements alluviaux de Haute-Alsace. CG du Haut-Rhin et AERM. 35p.
- Lafitte, J.J., Cravero, G., 2010. La généralisation des bandes enherbées le long des cours d'eau (article 52 du projet de loi Grenelle 2) : réflexion sur l'impact et la mise en œuvre de cette disposition. 88 p.
- Lecerf, A., Lagrue, C., Lamothe, S., Lambrigtot, D., 2010. Ingénierie des écosystèmes au service d'une nouvelle gestion: enjeux de la restauration écologique de la ripisylve pour la biodiversité et le fonctionnement des cours d'eau. EcoLab. 43 p. + annexes
- Le Gal, A., Haury, J., Lafontaine, L., Hubaud, M.O., 2000. Entretien des cours d'eau - Rôles de la ripisylve et impacts connus de l'entretien des cours d'eau : synthèse bibliographique. DIREN Bretagne. 95 p.
- Malavoi, J.R., Adam, P., Debiais, N., 2006. Retour d'expérience d'opérations de restauration de cours d'eau et de leurs annexes, menées sur le bassin RMC. AERMC. 129p.
- Malavoi, J.R., Adam, P., Debiais, N., 2007. Manuel de restauration hydromorphologique des cours d'eau. AERSN. 60 p. + annexes
- Malavoi, J.R., Bravard, J.P., 2010. Éléments d'hydromorphologie fluviale. ONEMA. 224 p.
- Mangeot, P., 2009. Travaux de restauration de cours d'eau sur le Bassin des Niefs : quels résultats après 20 ans d'interventions? AERM. 39 p. + annexes.
- Maridet, L., 1995. Rôle des formations végétales riveraines. Recommandations pour une gestion régionalisée. CEMAGREF Lyon. 60 p.
- Muller, S., 2005. Plantes invasives en France. MNHN. 170 p.
- ONEMA, 2009. CARHYCE : Protocole de CARactérisation HYdromorphologique des Cours d'Eau à l'échelle stationnelle (cours d'eau prospectables à pied). 25 p. (document de travail)

- ONEMA, 2010. L'intérêt et l'importance d'une hydromorphologie non perturbée. Dans : *La restauration des cours d'eau : recueil d'expériences sur l'hydromorphologie*. 6 pages
- PNRBSN, 2005. Les arbres têtards : intérêts, rôles et guide d'entretien. 16 p.
- Paris, L., Durllet, P., 2009. Aménagements agricoles. Colloque de restitution sur le programme life Ruisseaux de têtes de bassins et faune patrimoniale associée. PNRM. 23 p.
- Pereira, V., 2009. Préconisations techniques pour l'exploitation et la conversion des peuplements forestiers allochtones en bordure de ruisseaux. ONF. 21 p.
- Piégay, H., Pautou, G., Ruffinoni, C., 2003. Les forêts riveraines des cours d'eau : écologie, fonctions et gestion. IDF. 463 p.
- Rouselle, C., Le Gourrierc, M., Baudoin, J.M., 2009. L'hydromorphologie : une nouvelle composante du "bon état" des cours d'eau confiée à l'ONEMA. Les dossiers de l'ONEMA - Post'it, n°4. 4 p.
- Sanson, C., Barnier, M., Touret, T., 2010. Guide juridique et pratique sur la gestion des milieux aquatiques et humides. AESN. 214p.
- Schnitzler, 1995. Succession and zonation in gallery forest. *J.Veg.Sci.*, 6, p 479-486
- Schnitzler A., Gafta, D., Cornier, T., 2003. Concepts architecturaux et particularités écosystémiques des ripisylves. Dans : *Les forêts riveraines des cours d'eau*.30-45 p.
- Streito, J.C., 2002. Dépérissement de l'Aulne glutineux dans le bassin Rhin-Meuse : synthèse des connaissances et conseils de gestion. AERM. 10 p. + annexe.
- Valette, L., Chandesris, A., Mengin, N., Malavoi, J.R., Souchon, Y., Wasson, J.G., (2008). SYstème Relationnel d'Audit de l'Hydromorphologie des Cours d'Eau SYRAH CE. Principes et méthodes de la sectorisation hydromorphologique. CEMAGREF Lyon. 27p.

## Ressources numériques

Géoportail – base de données cartographiques en ligne.

Dernière consultation en septembre 2011

<http://www.geoportail.fr/>

Commission européenne de l'agriculture et du développement

Dernière consultation en septembre 2011

<http://ec.europa.eu/agriculture>

Agence de l'eau Rhin-Meuse

Dernière consultation en septembre 2011

[www.eau2015-rhin-meuse.fr](http://www.eau2015-rhin-meuse.fr)

Portail eaufrance : système d'information sur l'eau

Dernière consultation en septembre 2011

<http://www.eaufrance.fr>

Légifrance : le service public de la diffusion au droit

Dernière consultation en septembre 2011

<http://www.legifrance.gouv.fr/>

## Liste des contacts

---

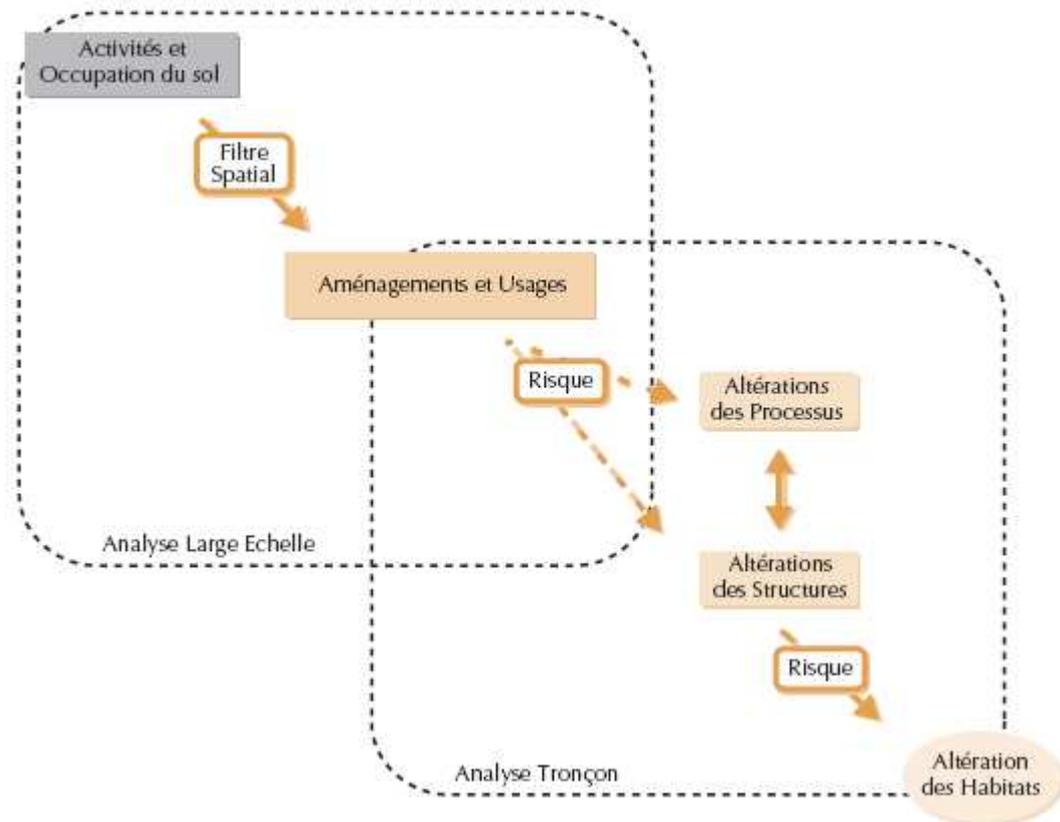
<b>OFFICE NATIONAL DE L'EAU ET DES MILIEUX AQUATIQUES</b>	
<p><b>David MONNIER</b>            Délégation interrégionale Nord-Est            Adjoint du Délégué interrégional            E-mail : david.monnier@onema.fr            Tél. : 03 87 62 86 07                      06 08 76 10 12</p>	<p><b>Nadou CADIC</b>            Délégation interrégionale Nord-Est            Délégué interrégional            E-mail : nadou.cadic@onema.fr            Tél. : 03 87 62 86 06                      06 08 04 74 19</p>
<p><b>Jean-Baptiste SCHWEYER</b>            Service départemental de l'ONEMA            de Meurthe-et-Moselle            Chef technicien du SD54            E-mail : sd54@onema.fr            Tél. : 06 72 08 10 77</p>	<p><b>Éric SABOT</b>            Service départemental de l'ONEMA            de Moselle            Chef technicien du SD57            E-mail : sd57@onema.fr</p>
<b>AGENCE DE L'EAU RHIN-MEUSE</b>	
<p><b>Pierre MANGEOT</b>            Service des Espaces Naturels et Ruraux            Chargé d'étude « Cours d'eau »            E-mail : pierre.mangeot@eau-rhin-meuse.fr            Tél. : 03 87 34 47 64</p>	<p><b>Philippe GOETGHEBEUR</b>            Service des Espaces Naturels et Ruraux            Directeur du Service            E-mail : philippe.goetghebeur@eau-rhin-meuse.fr</p>
<b>SYNDICAT INTERCOMMUNAL POUR L'AMÉNAGEMENT DE LA NIED RÉUNIE</b>	
<p><b>Marion SUAIRE</b>            Technicienne de rivière            E-mail : sanvr-asiebert@fr.oleane.com            Tél. : 03 87 78 57 44</p>	

# Liste des annexes

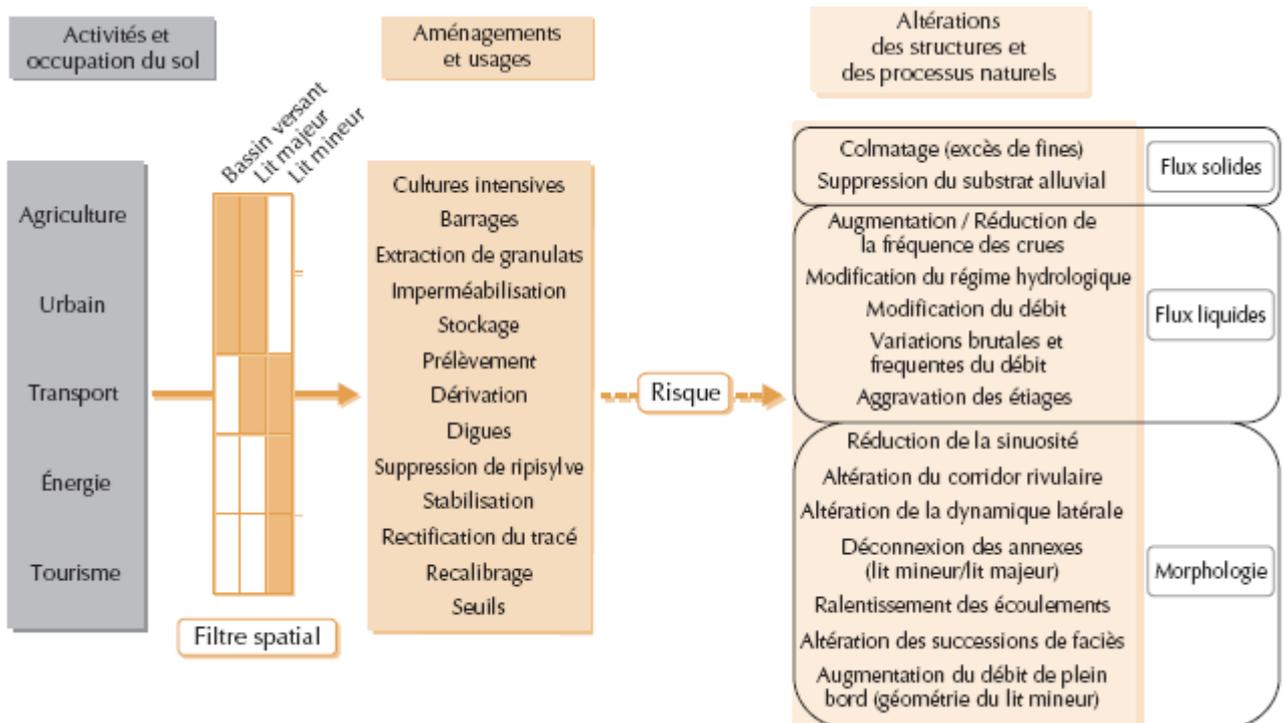
---

- Annexe 1** - Schéma conceptuel du SYRAH-CE (Chandesris et al., 2007)
- Annexe 2** - Variables de pression et risques d'altérations physiques (Chandesris et al., 2007)
- Annexe 3** - Répartition spatiale des stations décrites sur l'Esch. (Source : Hayot)
- Annexe 4** - Répartition spatiale des stations décrites sur le Madon (Source : Hayot)
- Annexe 5** - Répartition spatiale des stations décrites sur la Nied Réunion (Source : Hayot)
- Annexe 6** - Fiche de terrain testée (à adapter) (Source : Hayot)
- Annexe 7** - Réalisation de l'ACP : tableau des données quantitatives (Source : Hayot)
- Annexe 8** - Réalisation de l'ACP : graphique des valeurs propres (Source : logiciel R)
- Annexe 9** - Réalisation de l'ACP : tableaux de diagnostic de l'ACP (Source : logiciel R)
- Annexe 10** - Principaux indicateurs des variables quantitatives (Source : logiciel R)
- Annexe 11** - Centrage et réduction des données quantitatives (Source : logiciel R)
- Annexe 12** - Réalisation de l'ACP : tableau des données qualitatives (Source : Hayot)
- Annexe 13** - Script des commandes pour la réalisation d'une ACP avec le logiciel R
- Annexe 14** - Exemple : résultat d'ANOVA obtenu avec le logiciel Minitab
- Annexe 15** - Exemple : résultat d'un test non paramétrique de Kruskal-Wallis obtenus avec le logiciel Minitab
- Annexe 16** - Amélioration de l'ACP : tableaux de diagnostic de l'ACP (Source : logiciel R)
- Annexe 17** - Esch : tableaux de diagnostic de l'ACP (Source : logiciel R)
- Annexe 18** - Madon : tableaux de diagnostic de l'ACP (Source : logiciel R)
- Annexe 19** - Nied Réunion : tableaux de diagnostic de l'ACP (Source : logiciel R)
- Annexe 20** - Comparaison graphique des implantations sur le profil de berge des espèces non plantées et plantées (Source : Hayot)
- Annexe 21** - Comparaison de la composition spécifique entre les deux types de ripisylve sur l'Esch (Source : Hayot)
- Annexe 22** - Comparaison de la composition spécifique entre les deux types de ripisylve sur le Madon (Source : Hayot)
- Annexe 23** - Comparaison de la composition spécifique entre les deux types de ripisylve sur la Nied Réunion (Source : Hayot)
- Annexe 24** - Nouvelle fiche de terrain améliorée (Source : Hayot)
- Annexe 25** - Notice de la nouvelle fiche de terrain (Source : Hayot)

**Annexe 1 - Schéma conceptuel du SYRAH-CE (Chandesris et al., 2007)**



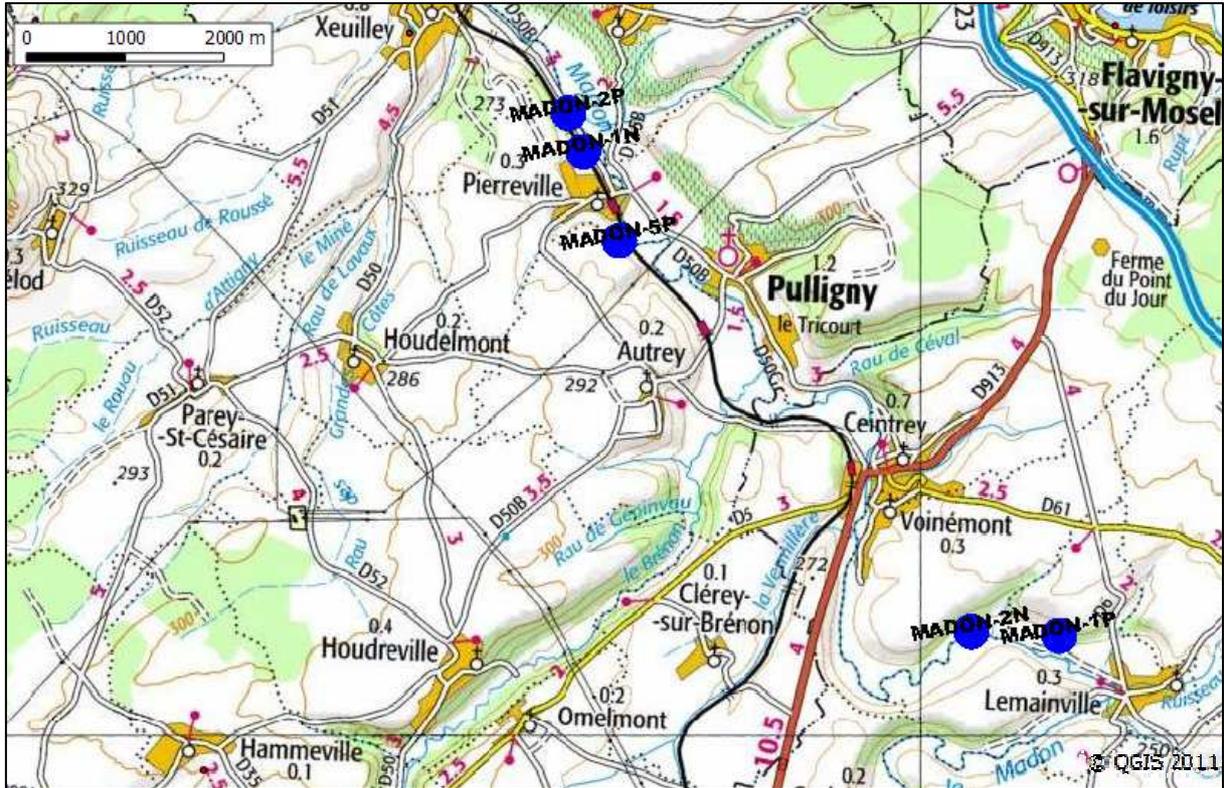
**Annexe 2 - Variables de pression et risques d'altérations physiques (Chandesris et al., 2007)**



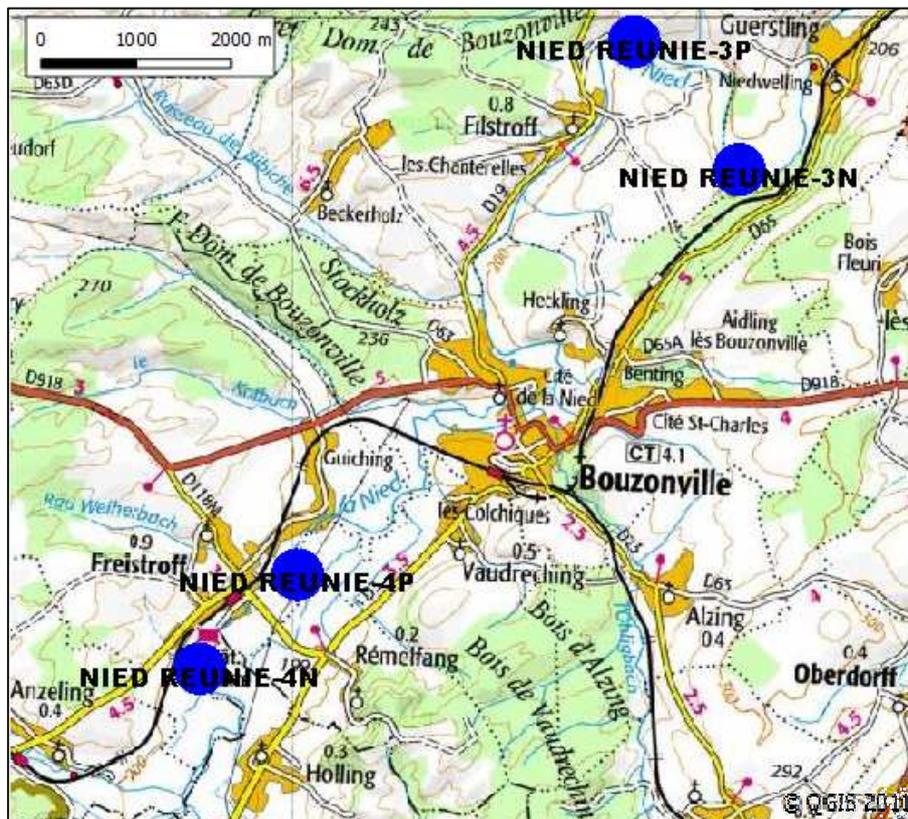
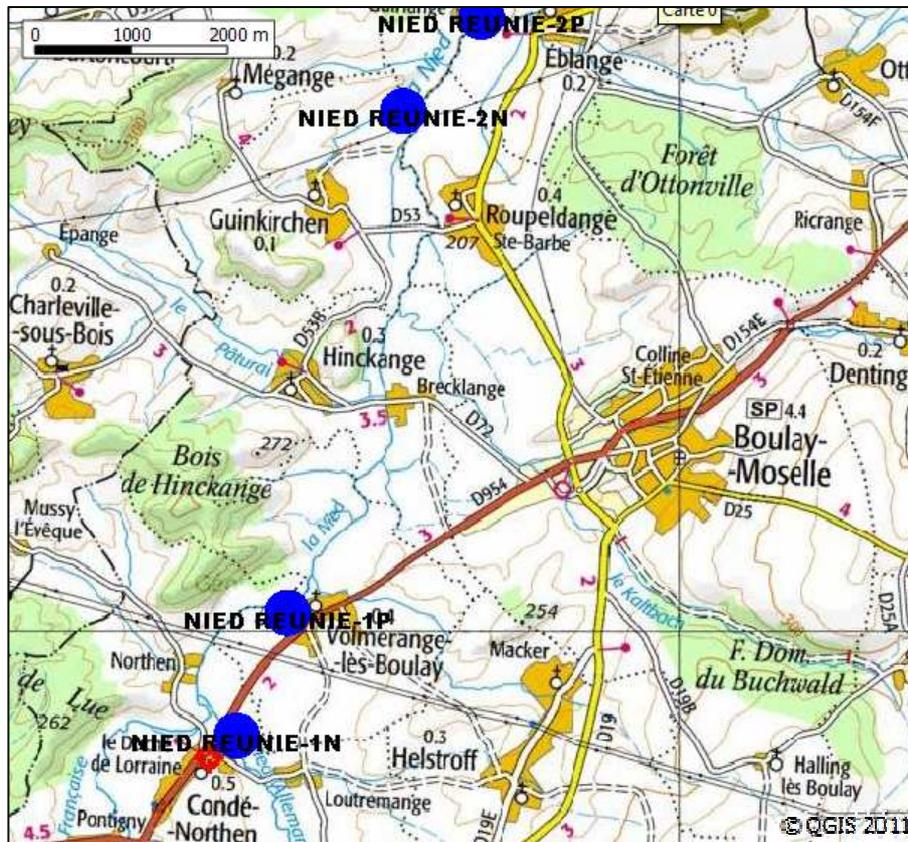
Annexe 3 - Répartition spatiale des stations décrites sur l'Esch. (Source : Hayot)



Annexe 4 - Répartition spatiale des stations décrites sur le Madon (Source : Hayot)



Annexe 5 - Répartition spatiale des stations décrites sur la Nied Réunie  
(Source : Hayot)



## FICHE DE TERRAIN N° 1

### RENSEIGNEMENTS GENERAUX

#### OBSERVATION

Date : .....  
Heure arrivée : .....  
Heure départ : .....  
Observateurs : .....

#### REPÉRAGE DU SITE

Nom du cours d'eau : .....  
Nom de la commune : .....  
Département : .....

#### TYPE DE STATION

- Type "N" Station avec ripisylve "naturelle" (non reconstituée)  
 Type "P" Station avec ripisylve reconstituée par plantations

Remarques : .....  
.....

N° Station : .....

Coordonnées géographiques : Aval : Nord : ..... Est : .....  
Amont : Nord : ..... Est : .....

#### SITUATION HYDROLOGIQUE

- Étiage  Moyennes eaux  Hautes eaux

#### PHOTOS

Photos prises sur la station ?  Oui  Non

N°/Nom photo	Description

**Observations :** .....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....



# FICHE DE TERRAIN N°3

## RIPISYLVE (étude dans son ensemble)

### IMPORTANCE ET CONTINUITÉ DE LA RIPISYLVE

Continuité et importance de la ripisylve

<i>Absence</i>		RD	RG	
<i>Isolée (&lt;10%)</i>		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<i>Espacée-régulière (10 à 25%)</i>		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<i>Bosquets éparses (25 à 50%)</i>		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<i>Semi-continue (50 à 75%)</i>		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<i>Continue (&gt;75%)</i>		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

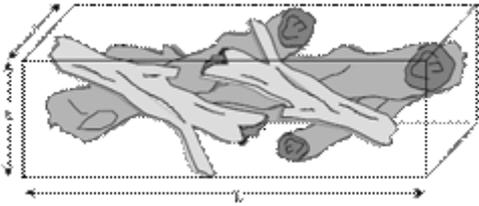
### ECLAIREMENT DU COURS D'EAU

*(part de la surface de l'eau éclairée directement (absence totale d'ombre))*

< 5%   
  5 à 25%   
  25 à 50%   
  50 à 75%   
  > 75%

### EMBACLES (lit mineur)

N°embâcle	N°tranchet		
	h (m)	l (m)	L (m)
1			
2			
3			
4			
5			



Localisation des embâcles sur la station (croquis) :



Type d'altération liée à l'embâcle<sup>(1)</sup> : .....

Observations : .....

.....

.....

(1) Rupture de continuité / ralentissement de l'écoulement / Chute du niveau de l'eau entre l'amont et l'aval de l'embâcle (accélération du courant) / érosion des berges en aval de l'embâcle / inondations...

## FICHE DE TERRAIN N° 4

### DESCRIPTION BERGES, LIT MINEUR ET LIT MAJEUR

N° TRANSECT	NATURE DES BERGES		HABITATS CARACTERISTIQUES		PENITE (degré)		HAUTEUR À PLEINS BORDS (m)		FACIÉS D'ECOULEMENT	LARGEUR DU LIT (m)	
	RD	RG	RD	RG	RD	RG	RD	RG		LARGEUR MOUILLÉE	LARGEUR À PLEINS BORDS
1											
2											
3											
4											
5											
6											
7											
8											
9											
10											
11											
12											
13											
14											
15											

# FICHE DE TERRAIN N°5

## LIT MINEUR ET LIT MAJEUR

### Évaluation de la largeur moyenne à pleins bords

$l_{pb \text{ moy}}$  : .....m

### Évaluation de la longueur de la station

$L = 14 \times l_{pb \text{ moy}}$                        $L$  : .....m

### Évaluation de la largeur moyenne mouillée

$l_m \text{ moy}$  : .....m

### Tracé du lit mineur sur la station

Sinueux                       Rectiligne

### Aménagements anthropiques

Recalibrage                       Curage (indices de présence)

RAS

Type de curage\* :

.....  
\* Merlon - Tas de curage - trace d'engin...

### Occupation du sol

	RD	RG
<i>Culture</i>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<i>Prairie de fauche</i>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<i>Prairie de paturage</i>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<i>Zone urbaine</i>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<i>Forêt</i>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

### Zones humides

Présence de zones humides                       Oui                       Non

Si OUI,                      Longueur : .....m                       RD                       RG

Nature : .....

Etat : .....

### Entretien du cours d'eau

Cours d'eau entretenu                       Cours d'eau non entretenu

Observations (gués, rejets, confluences,...) : .....

.....

.....

.....

## Annexe 7 - Réalisation de l'ACP : tableau des données quantitatives (Source : Hayot)

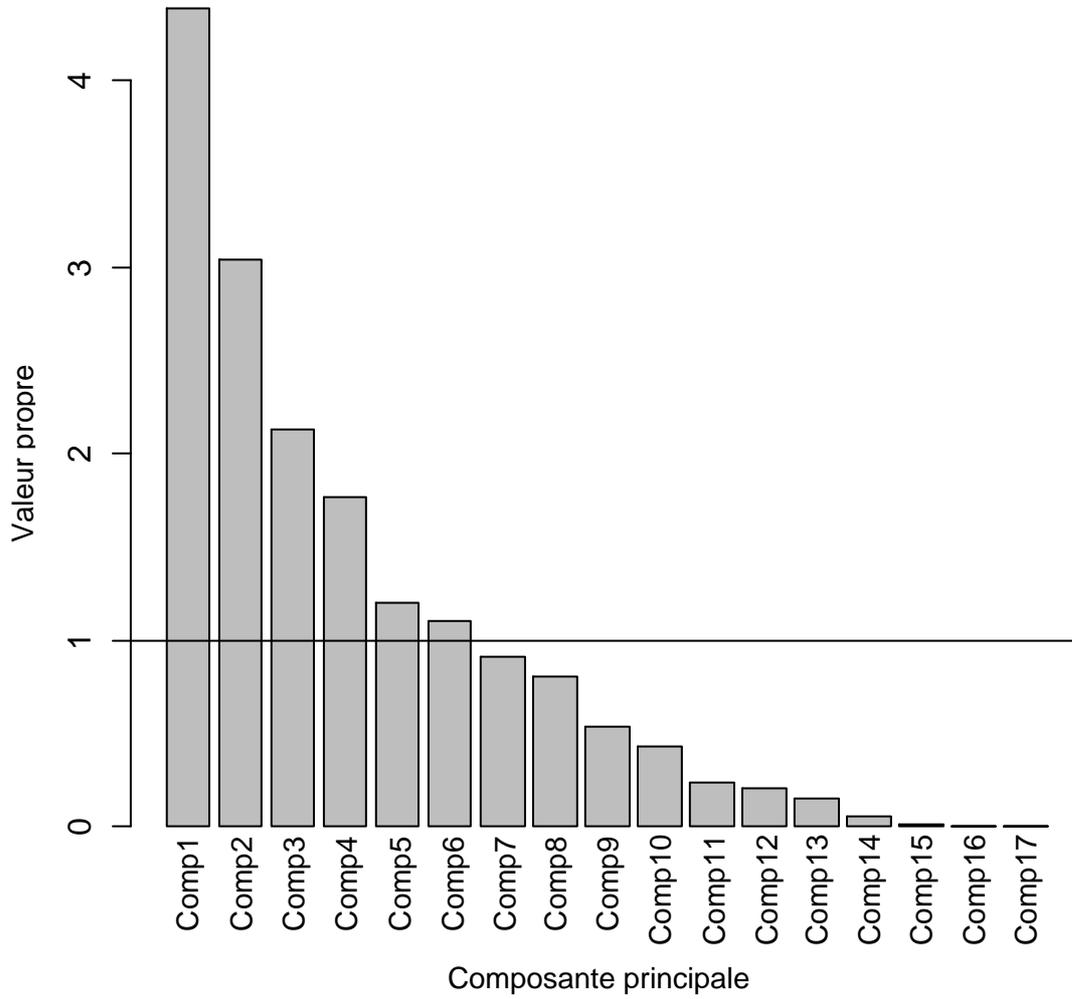
Individu	Station
1	ESCH-1P
2	ESCH-2P
3	ESCH-3P
4	ESCH-4P
5	ESCH-5P
6	ESCH-6P
7	ESCH-1N
8	ESCH-2N
9	ESCH-3N
10	ESCH-4N
11	ESCH-5N
12	ESCH-6N

Individu	Station
13	MADON-1P
14	MADON-2P
15	MADON-3P
16	MADON-4P
17	MADON-5P
18	MADON-1N
19	MADON-2N
20	MADON-3N
21	MADON-4N
22	MADON-5N

Individu	Station
23	NIED REUNIE-1P
24	NIED REUNIE-2P
25	NIED REUNIE-3P
26	NIED REUNIE-4P
27	NIED REUNIE-1N
28	NIED REUNIE-2N
29	NIED REUNIE-3N
30	NIED REUNIE-4N

		VARIABLES QUANTITATIVES																
		rich.spe	shannon	equitabilite	abs.habitat	sous.berge	chev.racin	veg.surpl	debris.lign	bloc.roch	str.arbu	tx.rec.ripi	tx.rec.haie	tx.rec.indiv	densite	ecl	dep	dist.moy
INDIVIDUS	1	7	2,50	0,89	93	0	0	0	7	0	36	0	0	0,03	15	87,5	7	0,6
	2	15	3,09	0,79	83	3	10	0	0	3	78	1	0	0,09	79	62,5	3	0,7
	3	20	3,38	0,78	87	3	3	0	0	7	65	0	0	0,07	95	87,5	8	0,3
	4	9	3,12	0,98	52	6	12	27	3	0	16	1	0	0,01	133	62,5	0	0,2
	5	12	3,25	0,91	100	0	0	0	0	0	33	5	0	0,04	208	87,5	0	1,2
	6	22	3,14	0,7	13	45	8	13	21	0	32	2	1	0,07	155	37,5	5	0,3
	7	10	2,53	0,76	80	3	13	0	0	3	34	12	3	0,35	157	37,5	0	1,7
	8	4	1,00	0,5	48	6	18	0	21	6	22	7	0	0,82	147	37,5	0	1,1
	9	7	1,62	0,58	50	24	15	0	12	0	56	7	2	0,66	179	15	1	1,2
	10	8	2,14	0,71	47	0	33	13	7	0	49	3	3	0,89	286	37,5	0	0,7
	11	12	2,88	0,8	40	17	11	6	11	14	60	1	1	0,25	159	87,5	8	0,3
	12	11	2,47	0,71	21	26	29	7	17	0	25	5	4	0,88	525	15	1	0,6
	13	20	3,81	0,88	9	39	15	17	11	9	20	23	1	0,78	505	37,5	5	3,7
	14	8	2,55	0,85	4	38	30	15	13	0	13	3	0	0,47	372	87,5	6	0,5
	15	13	1,78	0,48	25	40	8	15	13	0	33	4	3	0,15	197	15	8	0,7
	16	17	3,32	0,81	7	57	20	7	2	9	29	11	1	0,30	246	37,5	0	1,9
	17	13	3,11	0,84	1	41	18	35	4	0	16	2	0	0,33	230	37,5	7	0,3
	18	10	2,52	0,76	0	40	38	17	3	2	14	2	0	1,37	242	37,5	9	0,4
	19	10	2,42	0,73	22	32	32	10	2	2	57	14	1	0,29	218	37,5	6	2,9
	20	18	3,45	0,83	3	36	36	10	7	7	39	16	1	0,88	353	37,5	3	2,3
	21	17	3,53	0,86	0	41	38	7	14	0	43	7	4	1,88	563	15	4	0,9
	22	19	2,84	0,67	14	14	44	18	8	2	26	15	4	1,91	377	37,5	4	1,6
	23	16	2,38	0,59	77	3	13	3	3	0	36	17	3	0,93	139	37,5	5	2,2
	24	10	2,88	0,87	93	0	0	7	0	0	27	8	0	0,97	123	62,5	7	1,1
	25	12	3,21	0,89	50	3	6	41	0	0	21	5	1	0,86	266	62,5	2	1,2
	26	23	0,69	0,15	77	0	6	6	0	10	77	11	2	0,42	111	62,5	5	2,4
	27	8	1,28	0,43	80	0	7	10	3	0	6	11	3	1,96	182	37,5	6	1,6
	28	9	1,93	0,61	58	0	23	19	0	0	48	29	2	2,03	306	37,5	7	4,2
	29	12	2,10	0,58	44	3	13	25	16	0	24	5	5	0,64	179	62,5	2	0,8
	30	12	0,59	0,16	46	27	18	6	0	69	74	1	1	1,27	127	62,5	0	0,4

Annexe 8 - Réalisation de l'ACP : graphique des valeurs propres (Source : logiciel R)



	Comp1	Comp2	Comp3	Comp4	Comp5	Comp6	Comp7	Comp8	Comp9	Comp10	Comp11	Comp12	Comp13	Comp14	Comp15	Comp16	Comp17
Valeur propre	4,38	3,03	2,13	1,77	1,20	1,11	0,92	0,80	0,53	0,43	0,24	0,21	0,16	0,06	0,01	0,01	0,005
% de contribution à l'inertie	26	44	56	67	74	80	86	90	93	96	97	99	100	100	100	100	100

## Annexe 9 - Réalisation de l'ACP : tableaux de diagnostic de l'ACP (Source : logiciel R)

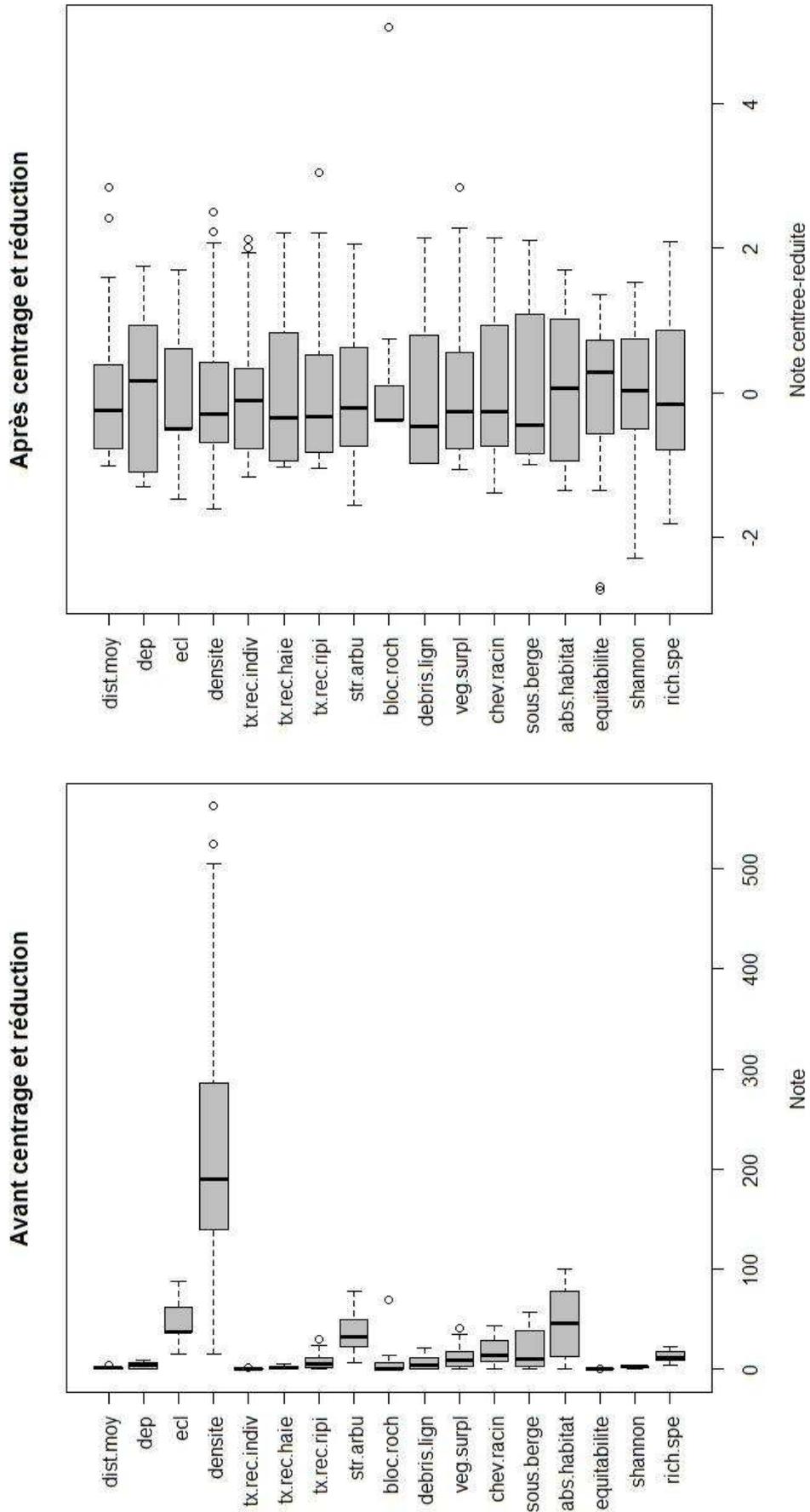
VARIABLES QUANTITATIVES (À EXPLIQUER)	Contribution à l'inertie : importance respective de chaque variable dans la construction des axes						Part d'information apportée par chaque axe pour chaque variable						Qualité de représentation de chaque variable : part totale d'information apportée par tous les axes retenus pour chaque variable					
	Comp1	Comp2	Comp3	Comp4	Comp5	Comp6	Comp1	Comp2	Comp3	Comp4	Comp5	Comp6	Comp1	Comp2	Comp3	Comp4	Comp5	Comp6
	rich.spe	0,74	0	1,17	29,13	4,37	9,96	3,24	0,01	2,49	51,54	5,27	11,05	3,24	3,25	5,74	57,28	62,55
shannon	1,56	18,64	7,61	3,55	4,27	1,21	6,83	56,53	16,18	6,28	5,15	1,34	6,83	63,36	79,54	85,82	90,97	92,31
equitabilite	0,46	22,89	6,76	0,29	1,72	5,58	2,03	69,43	14,38	0,52	2,08	6,19	2,03	71,47	85,84	86,36	88,44	94,63
abs.habitat	15,88	1,96	5,25	3,63	2,89	0,02	69,58	5,93	11,15	6,42	3,48	0,02	69,58	75,52	86,67	93,09	96,57	96,58
sous.berge	8,89	2,87	6,14	12,58	0,71	0,35	38,97	8,7	13,04	22,26	0,85	0,39	38,97	47,67	60,71	82,97	83,83	84,21
chev.racin	13,4	0,36	1,28	0,32	0,97	7,6	58,69	1,08	2,72	0,57	1,17	8,43	58,69	59,77	62,49	63,06	64,22	72,65
veg.surpl	3,39	3,09	0,45	2,45	22,9	0	14,86	9,37	0,96	4,34	27,59	0	14,86	24,23	25,2	29,53	57,12	57,12
debris.lign	4,16	0,76	13,37	2,66	9,17	8,89	18,25	2,3	28,42	4,7	11,05	9,87	18,25	20,54	48,96	53,67	64,72	74,58
bloc.roch	1,12	5,48	8,72	13,18	7,7	11,88	4,91	16,62	18,54	23,32	9,28	13,18	4,91	21,53	40,08	63,4	72,68	85,86
str.arbu	4,18	5,64	0,39	19,25	3,34	0,2	18,29	17,11	0,84	34,06	4,02	0,22	18,29	35,4	36,24	70,3	74,32	74,54
tx.rec.ripi	4,51	8,57	21,08	0,4	0,07	0	19,74	25,98	44,81	0,72	0,08	0	19,74	45,71	90,52	91,24	91,32	91,32
tx.rec.haie	4,53	7,5	0,98	5,29	9,2	4,06	19,87	22,75	2,08	9,37	11,08	4,51	19,87	42,61	44,7	54,06	65,14	69,65
tx.rec.indiv	6,27	9,7	0,91	3,09	8,05	0,6	27,46	29,42	1,94	5,47	9,7	0,66	27,46	56,88	58,83	64,3	74	74,66
densite	17,33	0,05	0,22	0,06	1,14	3,11	75,91	0,14	0,47	0,11	1,38	3,45	75,91	76,05	76,52	76,64	78,02	81,46
ecl	11,31	3,57	0,78	0,87	4,01	0,94	49,53	10,82	1,67	1,54	4,83	1,05	49,53	60,35	62,02	63,56	68,39	69,44
dep	0,01	0,79	2,37	1,37	19,41	45,5	0,05	2,38	5,04	2,42	23,39	50,48	0,05	2,44	7,47	9,9	33,29	83,77
dist.moy	2,26	8,14	22,5	1,86	0,08	0,1	9,9	24,7	47,83	3,28	0,1	0,11	9,9	34,6	82,43	85,71	85,81	85,92

Individu	Station	Contribution à l'inertie : importance respective de chaque individu dans la construction des axes						Part d'information apportée par chaque axe pour chaque individu						Qualité de représentation de chaque individu : part totale d'information apportée par tous les axes retenus pour chaque individu					
		Comp1	Comp2	Comp3	Comp4	Comp5	Comp6	Comp1	Comp2	Comp3	Comp4	Comp5	Comp6	Comp1	Comp2	Comp3	Comp4	Comp5	Comp6
1	ESCH-1P	10,32	2,76	0,14	1,61	0,01	1,19	68,87	12,74	0,46	4,33	0,01	2,01	68,87	81,61	82,07	86,4	86,41	88,42
2	ESCH-2P	7,12	0,36	0,19	2,98	3,67	0,83	61,85	2,15	0,82	10,47	8,76	1,83	61,85	64	64,82	75,29	84,04	85,87
3	ESCH-3P	9,25	1,99	0,73	6,75	0,39	2,25	56,99	8,48	2,18	16,81	0,67	3,51	56,99	65,47	67,66	84,47	85,13	88,65
4	ESCH-4P	1,3	7,66	0,01	3,26	0,33	6,46	11,43	46,68	0,05	11,59	0,79	14,39	11,43	58,12	58,16	69,76	70,55	84,94
5	ESCH-5P	6,41	2,09	3,34	0,12	4,6	5,5	48,33	10,88	12,2	0,35	9,54	10,49	48,33	59,22	71,41	71,77	81,31	91,8
6	ESCH-6P	0,38	4,13	4,61	2,75	3,12	14,02	3,03	22,7	17,77	8,82	6,8	28,17	3,03	25,73	43,5	52,32	59,12	87,29
7	ESCH-1N	0,75	1,1	1,13	1,66	7,32	2,49	10,53	10,73	7,69	9,42	28,23	8,85	10,53	21,26	28,95	38,37	66,6	75,45
8	ESCH-2N	0,3	1,56	5,67	7,99	0,52	0,73	2,16	7,78	19,83	23,23	1,03	1,34	2,16	9,95	29,78	53,01	54,04	55,38
9	ESCH-3N	0,03	2	2,59	0,91	4,25	0,01	0,42	19,4	17,57	5,16	16,37	0,05	0,42	19,82	37,38	42,55	58,91	58,96
10	ESCH-4N	0,07	0,43	1,22	3,52	1,28	5,3	1,12	4,79	9,63	23,12	5,74	21,81	1,12	5,92	15,54	38,67	44,41	66,22
11	ESCH-5N	2,45	1,96	1,14	2,19	0,44	1,17	28,98	16,06	6,57	10,47	1,44	3,51	28,98	45,05	51,62	62,09	63,54	67,05
12	ESCH-6N	6,1	0,04	4,64	3	8,96	0,44	46,15	0,23	17,02	9,17	18,64	0,84	46,15	46,38	63,4	72,58	91,21	92,05
13	MADON-1P	8,27	0,24	9,08	6,16	0,34	0	42,3	0,85	22,53	12,72	0,48	0,01	42,3	43,15	65,68	78,4	78,89	78,89
14	MADON-2P	0,81	6,45	1,66	0,24	4,61	0,17	7,12	39,14	7,07	0,84	11,12	0,37	7,12	46,26	53,33	54,17	65,29	65,67
15	MADON-3P	0,34	0,02	4,29	0,04	0,02	17,5	3,83	0,14	23,2	0,18	0,05	49,39	3,83	3,97	27,18	27,36	27,41	76,81
16	MADON-4P	1,44	0,91	0,01	6,71	1,16	3,88	15,41	6,76	0,06	29	3,41	10,51	15,41	22,17	22,23	51,22	54,63	65,14
17	MADON-5P	1,09	7,91	0,35	0,02	9,38	0,7	9,6	48	1,5	0,06	22,63	1,56	9,6	57,6	59,1	59,16	81,79	83,35
18	MADON-1N	2,4	1,76	0,95	0,05	16,57	0,33	20,48	10,42	3,92	0,19	38,86	0,71	20,48	30,9	34,82	35,01	73,87	74,58
19	MADON-2N	0,46	0,25	1,29	2,74	0,5	0,5	6,53	2,44	8,78	15,55	1,93	1,79	6,53	8,97	17,75	33,3	35,23	37,02
20	MADON-3N	4,83	0,07	1,05	5,78	0,37	2,13	54,62	0,56	5,74	26,42	1,14	6,1	54,62	55,18	60,92	87,33	88,48	94,57
21	MADON-4N	14,19	0	0,74	0,45	4,37	0,01	70,41	0,01	1,77	0,9	5,96	0,01	70,41	70,42	72,19	73,08	79,04	79,05
22	MADON-5N	8	1,27	0,52	0	0,17	0	62,41	6,88	1,95	0	0,36	0	62,41	69,28	71,24	71,24	71,6	71,6
23	NIED REUNIE-1P	0,12	3,44	3,93	0,07	1,43	2,63	1,98	38,66	30,92	0,44	6,38	10,82	1,98	40,65	71,57	72,01	78,39	89,2
24	NIED REUNIE-2P	3,57	0,6	4,88	1,32	1,26	0,4	40,31	4,71	26,75	6,03	3,91	1,15	40,31	45,02	71,76	77,8	81,7	82,85
25	NIED REUNIE-3P	0,02	2,78	2,85	2,64	4,14	2,78	0,16	17,37	12,46	9,6	10,25	6,35	0,16	17,53	29,99	39,6	49,85	56,2
26	NIED REUNIE-4P	4,49	13,93	0,18	6,33	0,01	8,76	20,46	43,94	0,4	11,64	0,01	10,11	20,46	64,4	64,8	76,44	76,45	86,56
27	NIED REUNIE-1N	0,04	6,5	0,69	12,81	3,38	3,5	0,3	33,05	2,44	37,99	6,83	6,51	0,3	33,35	35,79	73,78	80,61	87,12
28	NIED REUNIE-2N	1,64	11,58	19,25	0,55	5,35	0	7,39	36,22	42,17	1,01	6,65	0	7,39	43,61	85,79	86,79	93,44	93,44
29	NIED REUNIE-3N	0,01	0,1	1,79	7,22	0,63	2,03	0,14	0,71	9,24	31,01	1,85	5,47	0,14	0,85	10,09	41,1	42,95	48,42
30	NIED REUNIE-4N	3,78	16,09	21,09	10,11	11,43	14,29	10,06	29,67	27,26	10,88	8,37	9,64	10,06	39,73	66,99	77,87	86,24	95,88

**Annexe 10 - Principaux indicateurs des variables quantitatives (Source : logiciel R)**

PRINCIPAUX INDICATEURS							
	Minimum	1 <sup>er</sup> quartile	Médiane	Moyenne	3 <sup>ème</sup> quartile	Maximum	Ecart-type
rich.spe	4	9,25	12	12,8	16,75	23	4,87
shannon	0,59	2,11	2,54	2,517	3,135	3,81	0,84
equitabilite	0,15	0,595	0,76	0,7033	0,8475	0,98	0,2
abs.habitat	0	13,37	46,08	44,16	77,22	100	32,84
sous.berge	0	3	10	18,23	37,5	57	18,33
chev.racin	0	8	14	17,23	27,5	44	12,52
veg.surpl	0	3,75	8,5	11,13	16,5	41	10,51
debris.lign	0	0	3,5	6,6	11,75	21	6,72
bloc.roch	0	0	0	4,763	5,378	69,05	12,73
str.arbu	6,25	22,66	32,75	36,93	48,97	77,63	19,8
tx.rec.ripi	0,26	1,863	5,285	7,63	11,312	29,3	7,11
tx.rec.haie	0	0,1625	1,005	1,5	2,7	4,76	1,47
tx.rec.indiv	0,01	0,26	0,65	0,7199	0,92	2,03	0,62
densite	15	141	189,5	229,1	281	563	133,17
ecl	15	37,5	37,5	48,67	62,5	87,5	22,86
dep	0	0,785	4,52	3,988	6,718	9,37	3,07
dist.moy	0,22	0,4825	1,01	1,2607	1,65	4,18	1,03

Annexe 11 - Centrage et réduction des données quantitatives (Source : logiciel R)





## Annexe 13 - Script des commandes pour la réalisation d'une ACP avec le logiciel R

```
#CHARGEMENT DES EXTENSIONS NÉCESSAIRES
library(ade4)
library(rgrs)
library(R2HTML)
library(FactoMineR)
  library(ellipse)
  library(lattice)
  library(cluster)
  library(scatterplot3d)
```

```
#IMPORT DES DONNÉES (VARIABLES QUANTITATIVES, À EXPLIQUER)
#ACP1 : LES TROIS COURS D'EAU CONSIDÉRÉS
tableau<-read.delim2("R/quantot.txt")
#ACP2 : AMÉLIORATION DE L'ACP : SUPPRESSION DES VARIABLES CONTRIBUTANT LE MOINS À L'INERTIE
tableau<-read.delim2("R/quantot.ameliore.txt")
#ACP3 : MADON ET NIED
tableau<-read.delim2("R/quant.madon.nied.txt")
#ACP4 : ESCH
tableau<-read.delim2("R/quant.esch.txt")
#ACP5 : MADON
tableau<-read.delim2("R/quant.madon.txt")
#ACP6 : NIED
tableau<-read.delim2("R/quant.nied.txt")
```

```
#CONVERSION DES VARIABLES
tableau$rich.spe <- as.numeric(as.character(tableau$rich.spe))
tableau$shannon <- as.numeric(as.character(tableau$shannon))
tableau$equitabilite <- as.numeric(as.character(tableau$equitabilite))
tableau$abs.habitat <- as.numeric(as.character(tableau$abs.habitat))
tableau$sous.berge <- as.numeric(as.character(tableau$sous.berge))
tableau$chev.racin <- as.numeric(as.character(tableau$chev.racin))
tableau$veg.surpl <- as.numeric(as.character(tableau$veg.surpl))
tableau$debris.lign <- as.numeric(as.character(tableau$debris.lign))
tableau$bloc.roch <- as.numeric(as.character(tableau$bloc.roch))
tableau$str.arbu <- as.numeric(as.character(tableau$str.arbu))
tableau$tx.rec.ripi <- as.numeric(as.character(tableau$tx.rec.ripi))
tableau$tx.rec.haie <- as.numeric(as.character(tableau$tx.rec.haie))
tableau$tx.rec.indiv <- as.numeric(as.character(tableau$tx.rec.indiv))
tableau$densite <- as.numeric(as.character(tableau$densite))
tableau$secl <- as.numeric(as.character(tableau$secl))
tableau$dep <- as.numeric(as.character(tableau$dep))
tableau$dist.moy <- as.numeric(as.character(tableau$dist.moy))
```

```
#VÉRIFICATION DU TYPE DE VARIABLES
str(tableau)
```

```
#VISUALISATION DES PRINCIPAUX INDICATEURS DES VARIABLES
indicateur <- summary(tableau)
copie(indicateur)
sd <- sd(tableau)
copie(sd)
```

### #ANALYSE DES DONNÉES

```
#ANALYSE DES RELATIONS LINÉAIRES ENTRE LES VARIABLES
pairs(tableau,panel=panel.smooth)
```

```
#ANALYSE DE LA DISTRIBUTION DES VARIABLES : HISTOGRAMMES
layout(matrix(1:8,c(2,2,2,2)),byrow=FALSE)
hist(tableau$rich.spe, main= "Richesse spécifique", col="Grey", xlab="Nombre d'espèces", ylab="Effectif")
hist(tableau$shannon, main= "Diversité spécifique : indice de Shannon", col="Grey", xlab="Indice de Shannon", ylab="Effectif")
hist(tableau$equitabilite, main= "Equitabilité", col="Grey", xlab="Equitabilite", ylab="Effectif")
hist(tableau$abs.habitat, main= "Absence d'habitat caractéristique", col="Grey", xlab="Pourcentage", ylab="Effectif")
hist(tableau$sous.berge, main= "Sous-berge", col="Grey", xlab="Pourcentage de présence", ylab="Effectif")
hist(tableau$chev.racin, main= "Chevelu racinaire", col="Grey", xlab="Pourcentage de présence", ylab="Effectif")
hist(tableau$veg.surpl, main= "Végétation surplombante", col="Grey", xlab="Pourcentage de présence", ylab="Effectif")
```

```

hist(tableau$debris.lign, main = "Débris ligneux", col="Grey", xlab="Pourcentage de présence", ylab="Effectif")
layout(matrix(1:9,c(3,3,3)),byrow=FALSE)
hist(tableau$bloc.roch, main = "Bloc rocheux", col="Grey", xlab="Pourcentage de présence", ylab="Effectif")
hist(tableau$str.arbu, main = "Stratification", col="Grey", xlab="Pourcentage", ylab="Effectif")
hist(tableau$tx.rec.ripi, main = "Taux de recouvrement de la ripisylve", col="Grey", xlab="Taux de recouvrement (%)", ylab="Effectif")
hist(tableau$tx.rec.haie, main = "Taux de recouvrement des haies", col="Grey", xlab="Taux de recouvrement (%)", ylab="Effectif")
hist(tableau$tx.rec.indiv, main = "Taux de recouvrement des individus principaux", col="Grey", xlab="Taux de recouvrement (%)", ylab="Effectif")
hist(tableau$densite, main = "Densité d'individus à l'hectare", col="Grey", xlab="Nombre d'individus à l'hectare", ylab="Effectif")
hist(tableau$ecl, main = "Éclairement", col="Grey", xlab="Pourcentage d'éclairement", ylab="Effectif")
hist(tableau$dep, main = "Indice de dépérissement", col="Grey", xlab="Pourcentage d'individus dépérissants", ylab="Effectif")
hist(tableau$dist.moy, main = "Distance moyenne au pied de berge", col="Grey", xlab="Distance moyenne (m)", ylab="Effectif")

```

#### #MATRICE DES CORRÉLATIONS LINÉAIRES ENTRE LES VARIABLES ET EXPORTATION DANS UN FICHIER EXCEL (PAR COPIER/COLLER)

```

cor <- cor(tableau)
copie(cor)

```

#### #OBTENTION DU GRAPHIQUE DES VALEURS PROPRES ASSOCIÉES A CHAQUE COMPOSANTE PRINCIPALE

```

acp=dudi.pca(tableau)
qqline(1)

```

#### #VISUALISATION DES DONNÉES (VARIABLES QUANTITATIVES) CENTRÉES ET RÉDUITES

```

boxplot(as.data.frame(scale(tableau)))

```

#### #DIAGNOSTIC DE L'ACP ET EXPORTATION DES TABLEAUX DANS UN FICHIER EXCEL (PAR COPIER/COLLER)

```

diagnostic <- inertia.dudi(acp, col.inertia=TRUE)
copie(diagnostic)

```

#### #CORRÉLATION ENTRE COMPOSANTE PRINCIPALE ET VARIABLE (AVEC LE PACKAGE FactoMineR)

```

score.pca(acp,xax=1) score.pca(acp,xax=4)
score.pca(acp,xax=2) score.pca(acp,xax=5)
score.pca(acp,xax=3) score.pca(acp,xax=6)

```

#### #VALEURS POUR CHAQUE STATION ET EXPORTATION DES TABLEAUX DANS UN FICHIER EXCEL (PAR COPIER/COLLER)

```

station <- inertia.dudi(acp, row.inertia=TRUE)
copie(station)

```

#### #GRAPHIQUES : RELATIONS ENTRE INDIVIDUS DANS LES DIFFÉRENTS PLANS FACTORIELS

s.label(acp\$li,xax=1,yax=2)	s.label(acp\$li,xax=4,yax=1)
s.label(acp\$li,xax=1,yax=3)	s.label(acp\$li,xax=4,yax=2)
s.label(acp\$li,xax=1,yax=4)	s.label(acp\$li,xax=4,yax=3)
s.label(acp\$li,xax=1,yax=5)	s.label(acp\$li,xax=4,yax=5)
s.label(acp\$li,xax=1,yax=6)	s.label(acp\$li,xax=4,yax=6)
s.label(acp\$li,xax=2,yax=3)	s.label(acp\$li,xax=5,yax=1)
s.label(acp\$li,xax=2,yax=4)	s.label(acp\$li,xax=5,yax=2)
s.label(acp\$li,xax=2,yax=5)	s.label(acp\$li,xax=5,yax=3)
s.label(acp\$li,xax=2,yax=1)	s.label(acp\$li,xax=5,yax=4)
s.label(acp\$li,xax=2,yax=6)	s.label(acp\$li,xax=5,yax=6)
s.label(acp\$li,xax=3,yax=1)	s.label(acp\$li,xax=6,yax=1)
s.label(acp\$li,xax=3,yax=2)	s.label(acp\$li,xax=6,yax=2)
s.label(acp\$li,xax=3,yax=4)	s.label(acp\$li,xax=6,yax=3)
s.label(acp\$li,xax=3,yax=5)	s.label(acp\$li,xax=6,yax=4)
s.label(acp\$li,xax=3,yax=6)	s.label(acp\$li,xax=6,yax=5)

#### #CERCLE DES CORRÉLATIONS

#CERCLE DES CORRÉLATIONS (PLAN FACTORIEL : AXES 1 ET 2) AVEC LE PACKAGE ade4

```
s.corcircle(acp$co, xax=1, yax=2, clabel=0.7)
```

#CERCLE DES CORRÉLATIONS (PLAN FACTORIEL : AXES 3 ET 4) AVEC LE PACKAGE ade4

```
s.corcircle(acp$co, xax=3, yax=4, clabel=0.7)
```

#### #REPRÉSENTATION STATIONS/VARIABLES DANS UN PLAN FACTORIEL

```

scatter(acp, xax=1, yax=2, clabel=0.5)
scatter(acp, xax=3, yax=4, clabel=0.5)

```

#### #IMPORT DES DONNÉES (VARIABLES QUALITATIVES, EXPLICATIVES)

#ACP1 : LES TROIS COURS D'EAU CONSIDÉRÉS + ACP2

```
qual<-read.delim2("R/qualtot.txt")
```

#ACP3 : MADON ET NIED

qual<-read.delim2("R/qual.madon.nied.txt")	#ACP4 : ESCH
qual<-read.delim2("R/qual.esch.txt")	#ACP5 : MADON
qual<-read.delim2("R/qual.madon.txt")	#ACP6 : NIED
qual<-read.delim2("R/qual.nied.txt")	

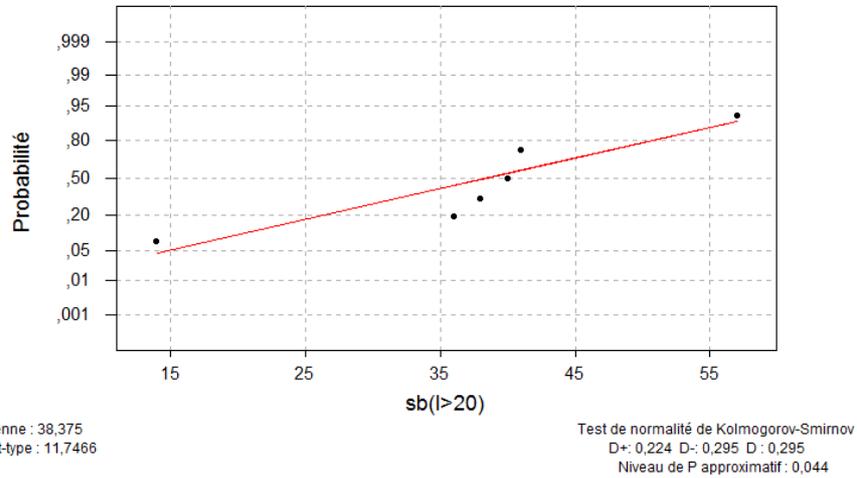
#AJOUT DES VARIABLES QUALITATIVES	
scatter(acp,clab.row=0,posieig='none')	
s.class(dfxy=acp\$li, fac=qual\$syrah)	s.class(dfxy=acp\$li, fac=qual\$trace.lit)
s.class(dfxy=acp\$li, fac=qual\$cours.deau)	s.class(dfxy=acp\$li, fac=qual\$sol.rd)
s.class(dfxy=acp\$li, fac=qual\$type)	s.class(dfxy=acp\$li, fac=qual\$sol.rg)
s.class(dfxy=acp\$li, fac=qual\$longueur)	s.class(dfxy=acp\$li, fac=qual\$am.anthr.)
s.class(dfxy=acp\$li, fac=qual\$largeur)	s.class(dfxy=acp\$li, fac=qual\$tx.vegpl.nat)
s.class(dfxy=acp\$li, fac=qual\$p.berge)	s.class(dfxy=acp\$li, fac=qual\$tx.vegpl.pl)
s.class(dfxy=acp\$li, fac=qual\$h.berge)	s.class(dfxy=acp\$li, fac=qual\$tx.pl.arbo)
s.class(dfxy=acp\$li, fac=qual\$tx.vegpl.nat)	s.class(dfxy=acp\$li, fac=qual\$tx.pl.arbu)
s.class(dfxy=acp\$li, fac=qual\$tx.pl.cep)	

#MISE EN PAGE : AJOUT DES VARIABLES QUALITATIVES (EXÉCUTER CETTE COMMANDE POUR CHAQUE ACP)
scatter(acp,clab.row=0,posieig='none', clabel=0.7)
couleur1<-c("blue", "black", "red")
couleur2<-c("red", "blue")
couleur3<-c("blue", "red", "black", "grey")
couleur4<-c("blue", "red")
couleur5<-c("red", "black", "blue")
couleur6<-c("blue", "red", "black")
layout(matrix(1:4,c(2,2),byrow=FALSE))
s.corcircle(acp\$co, xax=1, yax=2, clabel=0.7)
s.label(acp\$li,xax=1,yax=2, clabel=0.7)
s.class(dfxy=acp\$li, fac=qual\$sol.rd, col=couleur3)
s.class(dfxy=acp\$li, fac=qual\$sol.rg, col=couleur3)
layout(matrix(1:4,c(2,2),byrow=FALSE))
s.corcircle(acp\$co, xax=1, yax=2, clabel=0.7)
s.label(acp\$li,xax=1,yax=2, clabel=0.7)
s.class(dfxy=acp\$li, fac=qual\$am.anthr., col=couleur5)
s.class(dfxy=acp\$li, fac=qual\$trace.lit, col=couleur2)
layout(matrix(1:4,c(2,2),byrow=FALSE))
s.corcircle(acp\$co, xax=1, yax=2, clabel=0.7)
s.label(acp\$li,xax=1,yax=2, clabel=0.7)
s.class(dfxy=acp\$li, fac=qual\$h.berge, col=couleur1)
s.class(dfxy=acp\$li, fac=qual\$p.berge, col=couleur1)
layout(matrix(1:4,c(2,2),byrow=FALSE))
s.corcircle(acp\$co, xax=1, yax=2, clabel=0.7)
s.label(acp\$li,xax=1,yax=2, clabel=0.7)
s.class(dfxy=acp\$li, fac=qual\$largeur, col=couleur1)
s.class(dfxy=acp\$li, fac=qual\$longueur, col=couleur1)
layout(matrix(1:4,c(2,2),byrow=FALSE))
s.corcircle(acp\$co, xax=1, yax=2, clabel=0.7)
s.label(acp\$li,xax=1,yax=2, clabel=0.7)
s.class(dfxy=acp\$li, fac=qual\$tx.vegpl.nat, col=couleur1)
s.class(dfxy=acp\$li, fac=qual\$tx.vegpl.pl, col=couleur1)
layout(matrix(1:4,c(2,2),byrow=FALSE))
s.corcircle(acp\$co, xax=1, yax=2, clabel=0.7)
s.label(acp\$li,xax=1,yax=2, clabel=0.7)
s.class(dfxy=acp\$li, fac=qual\$tx.plantation, col=couleur1)
s.class(dfxy=acp\$li, fac=qual\$tx.vegpl.nat, col=couleur6)
layout(matrix(1:4,c(2,2),byrow=FALSE))
s.corcircle(acp\$co, xax=1, yax=2, clabel=0.7)
s.label(acp\$li,xax=1,yax=2, clabel=0.7)
s.class(dfxy=acp\$li, fac=qual\$cours.deau, col=couleur1)
s.class(dfxy=acp\$li, fac=qual\$type, col=couleur4)

## Annexe 14 - Exemple : résultat d'ANOVA obtenu avec le logiciel Minitab

### Test de normalité

Graphique de la courbe normale ou droite de Henry



### Homogénéité de la variance

Response sous.berge  
Factors largeur  
ConfLvl 95,0000

Intervalles de confiance de Bonferroni pour les écarts-types

Inférieur	Sigma	Supérieur	n	Niveaux de facteur
9,86004	15,4779	32,9383	10	10 < 1 < 20
9,31204	14,1129	27,3632	12	1 < 10
7,13859	11,7466	28,7688	8	1 > 20

Test de Bartlett (loi normale)

Statistique du test : 0,552  
Niveau de P : 0,759

Test de Levene (pour toute loi de probabilité continue)

Statistique du test : 0,240  
Niveau de P : 0,789

### Analyse de la variance à un facteur contrôlé

Analyse de variance pour sous.ber

Source	DL	SC	CM	F	P
largeur	2	4426	2213	11,25	0,000
Erreur	27	5313	197		
Total	29	9739			

IC individuels à 95 % Pour la moyenne  
Basé sur Ecart-type groupé

Niveau	N	Moyenne	EcarType
10 < 1 <	10	10,70	15,48
1 < 10	12	11,08	14,11
1 > 20	8	38,38	11,75

Ecart-type groupé = 14,03

-----+-----+-----+-----  
(-----\*-----)  
(-----\*-----)  
(-----\*-----)  
-----+-----+-----+-----  
15 30 45

**Annexe 15 - Exemple : résultat d'un test non paramétrique de Kruskal-Wallis obtenus avec le logiciel Minitab**

**Test de Kruskal-Wallis**

Test de Kruskal-Wallis sur shannon

type	N	Médiane	Rang Moyen	Z
Non plan	15	2,420	12,1	-2,12
Planté	15	3,110	18,9	2,12
Global	30		15,5	

H = 4,47 DL = 1 P = 0,034

H = 4,48 DL = 1 P = 0,034 (ajusté pour les nombres de même grandeur)

## Annexe 16 - Amélioration de l'ACP : tableaux de diagnostic de l'ACP (logiciel R)

	Comp1	Comp2	Comp3	Comp4	Comp5	Comp6	Comp7	Comp8
Valeur propre	3,50	2,00	1,13	0,55	0,41	0,26	0,08	0,06
% de contribution à l'inertie	44	69	83	90	95	98	99	100

VARIABLES QUANTITATIVES (À EXPLIQUER)	Contribution à l'inertie : importance respective de chaque variable dans la construction des axes			Part d'information apportée par chaque axe pour chaque variable			Qualité de représentation de chaque variable : part totale d'information apportée par tous les axes retenus pour chaque variable		
	Comp1	Comp2	Comp3	Comp1	Comp2	Comp3	Comp1	Comp2	Comp3
	shannon	4,33	37,14	3,71	15,14	74,33	4,18	15,14	89,47
equitabilite	2,02	41,05	3,26	7,06	82,15	3,68	7,06	89,21	92,89
abs.habitat	23,62	0,04	9,75	82,61	0,07	11,01	82,61	82,68	93,69
sous.berge	17,31	0,1	18,99	60,53	0,2	21,42	60,53	60,73	82,15
chev.racin	18,31	2,17	0	64,02	4,34	0	64,02	68,36	68,36
bx.rec.ripi	2,68	6,51	57,03	9,36	13,02	64,35	9,36	22,38	86,73
densite	20,54	0,01	6,29	71,84	0,01	7,09	71,84	71,85	78,95
ecl	11,18	12,99	0,97	39,11	25,99	1,09	39,11	65,1	66,19

Individu	Station	Contribution à l'inertie : importance respective de chaque individu dans la construction des axes			Part d'information apportée par chaque axe pour chaque individu			Qualité de représentation de chaque individu : part totale d'information apportée par tous les axes retenus pour chaque individu		
		Comp1	Comp2	Comp3	Comp1	Comp2	Comp3	Comp1	Comp2	Comp3
1	ESCH-1P	9,29	4,64	0,24	75,3	21,53	0,62	75,3	96,83	97,45
2	ESCH-2P	3,3	2,5	0,01	60,72	26,3	0,07	60,72	87,02	87,1
3	ESCH-3P	5,63	6,22	0,08	58,14	36,74	0,27	58,14	94,88	95,15
4	ESCH-4P	0,82	5,7	0,17	17,02	67,45	1,16	17,02	84,47	85,63
5	ESCH-5P	4,78	7,5	2,21	45,71	41,06	6,83	45,71	86,77	93,61
6	ESCH-6P	0,45	0,65	7,12	8,39	6,99	43,19	8,39	15,38	58,56
7	ESCH-1N	0,92	0,01	3,67	32,07	0,28	41,08	32,07	32,35	73,43
8	ESCH-2N	0,91	6,4	0,39	17,32	69,73	2,41	17,32	87,06	89,47
9	ESCH-3N	0	3,95	0,48	0,02	57,6	3,97	0,02	57,62	61,59
10	ESCH-4N	0,06	0,39	0,01	1,76	6,28	0,05	1,76	8,04	8,09
11	ESCH-5N	0,94	3,76	2,1	20,47	46,67	14,67	20,47	67,13	81,8
12	ESCH-6N	5,42	0,55	0	62,44	3,64	0	62,44	66,08	66,08
13	MADON-1P	7,88	1,12	10,62	53,19	4,33	23,12	53,19	57,52	80,64
14	MADON-2P	1,92	2,24	3,86	22,39	14,95	14,53	22,39	37,34	51,87
15	MADON-3P	0,19	3,99	5,29	2,81	34,54	25,86	2,81	37,34	63,21
16	MADON-4P	4,33	0,72	1,11	58,86	5,6	4,89	58,86	64,46	69,35
17	MADON-5P	2,07	1,39	4,87	41,14	15,86	31,24	41,14	57,01	88,25
18	MADON-1N	3,86	0	6,08	56,72	0,01	28,86	56,72	56,73	85,58
19	MADON-2N	1,95	0,52	0,06	57,54	8,69	0,57	57,54	66,23	66,81
20	MADON-3N	7,4	0,27	1,33	85,59	1,79	4,96	85,59	87,38	92,34
21	MADON-4N	14,73	0,41	0,07	90,02	1,45	0,14	90,02	91,46	91,61
22	MADON-5N	4,55	0,68	2,55	57,15	4,91	10,31	57,15	62,06	72,37
23	NIED REUNIE-1P	1,03	1,46	5,78	23,6	19,08	42,77	23,6	42,68	85,46
24	NIED REUNIE-2P	4,3	2,48	2,38	62,37	20,63	11,13	62,37	83	94,13
25	NIED REUNIE-3P	0,41	3,87	0,85	11,48	62,57	7,72	11,48	74,05	81,77
26	NIED REUNIE-4P	6,91	14,19	0,01	42,79	50,27	0,01	42,79	93,06	93,07
27	NIED REUNIE-1N	2,86	6,59	1,1	39,05	51,44	4,82	39,05	90,49	95,31
28	NIED REUNIE-2N	0,08	5,33	24,65	0,71	25,92	67,59	0,71	26,62	94,21
29	NIED REUNIE-3N	1,22	0,21	0,26	59,39	5,99	4,11	59,39	65,37	69,48
30	NIED REUNIE-4N	1,78	12,24	12,65	12,58	49,5	28,83	12,58	62,09	90,92

## Annexe 17 - Esch : tableaux de diagnostic de l'ACP (Source : logiciel R)

	Comp1	Comp2	Comp3	Comp4	Comp5	Comp6	Comp7	Comp8	Comp9	Comp10	Comp11
Valeur propre	6,72	3,46	2,26	1,47	1,27	0,71	0,51	0,33	0,19	0,05	0,04
% de contribution à l'inertie	40	60	73	82	89	93	96	98	100	100	100

VARIABLES QUANTITATIVES (À EXPLIQUER)	Contribution à l'inertie : importance respective de chaque variable dans la construction des axes					Part d'information apportée par chaque axe pour chaque variable					Qualité de représentation de chaque variable : part totale d'information apportée par tous les axes retenus pour chaque variable				
	Comp1	Comp2	Comp3	Comp4	Comp5	Comp1	Comp2	Comp3	Comp4	Comp5	Comp1	Comp2	Comp3	Comp4	Comp5
	rich.spe	3,2	8,79	0,62	21,98	2,96	21,48	30,42	1,4	32,35	3,75	21,48	51,9	53,3	85,65
shannon	8,14	3,35	5,04	13,6	0	54,73	11,6	11,41	20,02	0	54,73	66,33	77,74	97,76	97,76
equitabilite	7,56	0,04	17,57	0,09	0,79	50,8	0,14	39,77	0,13	1	50,8	50,95	90,72	90,84	91,84
abs.habitat	5,62	16,47	0,32	0,64	0,01	37,79	56,97	0,73	0,95	0,01	37,79	94,76	95,49	96,44	96,44
sous.berge	1,84	15,92	2,09	2,39	15,67	12,35	55,07	4,72	3,52	19,86	12,35	67,42	72,14	75,66	95,52
chev.racin	10,08	0,74	0,52	0,05	20,6	67,76	2,55	1,19	0,07	26,11	67,76	70,31	71,49	71,56	97,67
veg.surpl	0,05	10,45	17,49	5,9	1,66	0,36	36,14	39,6	8,68	2,11	0,36	36,5	76,1	84,78	86,88
debris.lign	5,53	7,52	5,79	7,9	6,14	37,17	26,02	13,1	11,63	7,78	37,17	63,2	76,3	87,93	95,71
bloc.roch	1,06	0,06	18,74	0,49	10,49	7,16	0,21	42,43	0,72	13,3	7,16	7,37	49,8	50,52	63,81
str.arbu	2,12	0,16	13,58	12,09	13,15	14,27	0,54	30,75	17,79	16,67	14,27	14,81	45,55	63,34	80,01
tx.rec.ripi	6,15	9,99	0,03	4,08	5,79	41,33	34,55	0,07	6,01	7,34	41,33	75,89	75,95	81,96	89,29
tx.rec.haie	7,94	0,43	1,12	18,49	1,15	53,35	1,48	2,53	27,21	1,46	53,35	54,83	57,36	84,56	86,02
tx.rec.indiv	12,24	0,21	1,19	0,19	8,88	82,29	0,71	2,7	0,28	11,26	82,29	83	85,7	85,98	97,24
densite	7,24	2,02	2,98	7,08	5,36	48,67	6,99	6,75	10,42	6,8	48,67	55,66	62,41	72,82	79,62
ecl	12,55	0,32	0,03	1,72	1,63	84,35	1,11	0,07	2,53	2,07	84,35	85,47	85,54	88,07	90,14
dep	5,91	4,62	12,84	0	0,04	39,73	15,98	29,07	0	0,05	39,73	55,72	84,79	84,79	84,84
dist.moy	2,76	18,92	0,05	3,32	5,7	18,52	65,45	0,11	4,89	7,23	18,52	83,97	84,08	88,97	96,19

Individu	Station	Contribution à l'inertie : importance respective de chaque individu dans la construction des axes					Part d'information apportée par chaque axe pour chaque individu					Qualité de représentation de chaque individu : part totale d'information apportée par tous les axes retenus pour chaque individu				
		Comp1	Comp2	Comp3	Comp4	Comp5	Comp1	Comp2	Comp3	Comp4	Comp5	Comp1	Comp2	Comp3	Comp4	Comp5
1	ESCH-1P	9,91	2,17	0	11,77	2,01	54,9	6,17	0	14,27	2,09	54,9	61,07	61,07	75,34	77,44
2	ESCH-2P	6,69	1,35	1,32	5,33	2,97	53,71	5,56	3,57	9,36	4,5	53,71	59,28	62,85	72,21	76,71
3	ESCH-3P	17,55	0,32	5,96	5,32	2,8	77,84	0,74	8,91	5,17	2,34	77,84	78,58	87,49	92,66	95,01
4	ESCH-4P	2,45	3,64	41,17	16,7	0,19	10,6	8,11	60	15,82	0,16	10,6	18,71	78,72	94,54	94,69
5	ESCH-5P	5,11	10,9	9	2	5,28	29,21	32,1	17,35	2,5	5,7	29,21	61,32	78,67	81,18	86,88
6	ESCH-6P	0,01	39,26	0,47	1,46	33,18	0,05	73,78	0,57	1,17	22,85	0,05	73,83	74,4	75,57	98,42
7	ESCH-1N	2,26	19,52	1,23	15,15	2,97	11,38	50,61	2,09	16,71	2,82	11,38	61,99	64,08	80,78	83,6
8	ESCH-2N	12,17	5,49	11,77	33,96	1,34	43,75	10,16	14,26	26,74	0,91	43,75	53,92	68,17	94,91	95,82
9	ESCH-3N	9,58	2,32	6,05	0,32	4,12	58,62	7,3	12,47	0,43	4,75	58,62	65,92	78,39	78,82	83,57
10	ESCH-4N	7,88	0	3,46	0,01	30,97	48,24	0	7,15	0,01	35,78	48,24	48,24	55,38	55,4	91,17
11	ESCH-5N	3,99	6,26	16,38	0,85	11,78	20,9	16,89	28,94	0,97	11,65	20,9	37,79	66,73	67,7	79,36
12	ESCH-6N	22,42	8,77	3,18	7,14	2,39	68,97	13,89	3,29	4,81	1,39	68,97	82,86	86,16	90,97	92,36

## Annexe 18 - Madon : tableaux de diagnostic de l'ACP (Source : logiciel R)

	Comp1	Comp2	Comp3	Comp4	Comp5	Comp6	Comp7	Comp8	Comp9
Valeur propre	5,13	3,33	3,13	1,64	1,41	1,21	0,61	0,45	0,09
% de contribution à l'inertie	30	50	68	78	86	93	97	99	100

VARIABLES QUANTITATIVES (À EXPLIQUER)	Contribution à l'inertie : importance respective de chaque variable dans la construction des axes							Part d'information apportée par chaque axe pour chaque variable						Qualité de représentation de chaque variable : part totale d'information apportée par tous les axes retenus pour chaque variable					
	Comp1	Comp2	Comp3	Comp4	Comp5	Comp6	Comp1	Comp2	Comp3	Comp4	Comp5	Comp6	Comp1	Comp2	Comp3	Comp4	Comp5	Comp6	
	rich.spe	13,63	0,99	0,06	5,43	2,58	7,77	69,99	3,31	0,18	8,89	3,65	9,43	69,99	73,3	73,48	82,37	86,02	95,45
shannon	13,81	3,54	3,11	1,49	0,02	1,83	70,89	11,76	9,73	2,44	0,03	2,22	70,89	82,65	92,38	94,82	94,84	97,06	
equitabilite	4,7	11,39	8,54	0,5	0,39	0,82	24,13	37,9	26,73	0,81	0,56	1	24,13	62,03	88,76	89,57	90,13	91,12	
abs.habitat	0,83	6,62	20,03	0,33	4,18	2,12	4,29	22,01	62,7	0,54	5,92	2,58	4,29	26,29	88,99	89,53	95,45	98,03	
sous.berge	0,01	11,75	0,92	15,72	20,92	0,25	0,03	39,08	2,89	25,75	29,59	0,3	0,03	39,12	42,01	67,75	97,34	97,64	
chev.racin	0,95	3,19	9,06	30,37	3,61	0,44	4,88	10,62	28,35	49,72	5,1	0,53	4,88	15,5	43,85	93,57	98,67	99,2	
veg.surpl	4,22	1,61	2,24	1,63	24,37	16,47	21,66	5,36	7	2,66	34,48	19,99	21,66	27,02	34,02	36,68	71,16	91,16	
debris.lign	0,13	6,14	2,93	16,82	2,57	30,43	0,69	20,44	9,18	27,54	3,64	36,94	0,69	21,13	30,32	57,85	61,49	98,42	
bloc.roch	10,24	6,48	4,66	0,02	0,35	0,5	52,55	21,56	14,6	0,04	0,5	0,61	52,55	74,11	88,71	88,74	89,24	89,85	
str.arbu	1,93	5,86	8,44	3,72	12,45	0,65	9,89	19,5	26,4	6,09	17,62	0,79	9,89	29,39	55,79	61,89	79,5	80,29	
bx.rec.ripi	13,42	0,06	3,87	1,74	10,39	0,22	68,91	0,19	12,12	2,85	14,7	0,27	68,91	69,09	81,21	84,06	98,76	99,03	
bx.rec.haie	1,3	23,03	0,59	5,33	1,13	0,48	6,67	76,6	1,84	8,72	1,59	0,59	6,67	83,28	85,11	93,83	95,43	96,01	
bx.rec.indiv	2,97	8,74	13,5	1,84	0,14	3,96	15,23	29,06	42,25	3,01	0,2	4,81	15,23	44,3	86,55	89,55	89,75	94,56	
densite	9,33	1,35	9,04	2,46	0,91	8,86	47,87	4,5	28,28	4,02	1,29	10,76	47,87	52,37	80,66	84,68	85,97	96,73	
ecl	0,8	7,85	3,03	9,93	4,04	24,12	4,11	26,11	9,48	16,26	5,72	29,27	4,11	30,22	39,7	55,95	61,67	90,94	
dep	11,46	1,13	1,33	0	5,82	0,04	58,82	3,77	4,18	0	8,24	0,05	58,82	62,59	66,77	66,77	75,01	75,06	
dist.moy	10,28	0,27	8,65	2,69	6,12	1,02	52,77	0,89	27,07	4,4	8,66	1,24	52,77	53,66	80,73	85,13	93,79	95,03	

Individu	Station	Contribution à l'inertie : importance respective de chaque individu dans la construction des axes						Part d'information apportée par chaque axe pour chaque individu						Qualité de représentation de chaque individu : part totale d'information apportée par tous les axes retenus pour chaque individu					
		Comp1	Comp2	Comp3	Comp4	Comp5	Comp6	Comp1	Comp2	Comp3	Comp4	Comp5	Comp6	Comp1	Comp2	Comp3	Comp4	Comp5	Comp6
13	MADON-1P	22,26	4,85	0,79	7,32	33,47	1,96	56,38	7,96	1,23	5,91	23,36	1,17	56,38	64,33	65,56	71,47	94,83	96
14	MADON-2P	9,22	5,83	11,94	1,45	0,68	53,96	26,78	10,98	21,15	1,34	0,54	37,07	26,78	37,77	58,92	60,26	60,8	97,87
15	MADON-3P	19,21	16,69	21,26	25,11	0,17	1,11	37,18	20,93	25,08	15,49	0,09	0,51	37,18	58,11	83,19	98,69	98,78	99,29
16	MADON-4P	5,23	17,14	9,77	1,68	20,06	1,58	16,4	34,84	18,68	1,68	17,34	1,17	16,4	51,24	69,92	71,59	88,93	90,11
17	MADON-5P	10,88	11,14	3,53	4,95	3,85	22,88	34,62	22,96	6,84	5,02	3,38	17,21	34,62	57,58	64,42	69,44	72,82	90,03
18	MADON-1N	10,79	1,04	8,07	5,37	2,25	9,42	42,24	2,65	19,28	6,71	2,42	8,72	42,24	44,89	64,17	70,88	73,3	82,02
19	MADON-2N	0,55	0,61	24,37	32,41	0,95	1,37	1,87	1,32	50	34,79	0,88	1,09	1,87	3,19	53,19	87,98	88,86	89,95
20	MADON-3N	10,83	0,71	0,17	3,4	0,79	0,1	77,21	3,3	0,72	7,74	1,54	0,17	77,21	80,5	81,23	88,97	90,52	90,68
21	MADON-4N	8,86	16,01	17,51	8,62	23,81	1,04	21,65	25,36	26,09	6,72	16,04	0,6	21,65	47,01	73,1	79,82	95,87	96,47
22	MADON-5N	2,18	25,98	2,6	9,69	13,97	6,57	6,79	52,48	4,94	9,64	12	4,84	6,79	59,27	64,21	73,84	85,85	90,69

## Annexe 19 - Nied Réunion : tableaux de diagnostic de l'ACP (Source : logiciel R)

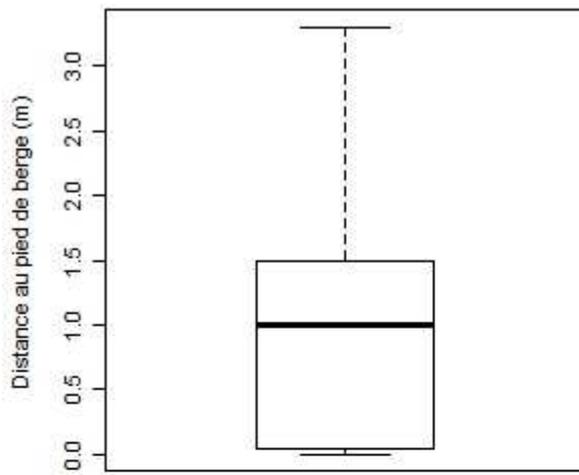
	Comp1	Comp2	Comp3	Comp4	Comp5	Comp6	Comp7
Valeur propre	5,37	3,78	3,25	2,14	1,61	0,52	0,33
% de contribution à l'inertie	32	54	73	86	95	98	100

VARIABLES QUANTITATIVES (À EXPLIQUER)	Contribution à l'inertie : importance respective de chaque variable dans la construction des axes					Part d'information apportée par chaque axe pour chaque variable					Qualité de représentation de chaque variable : part totale d'information apportée par tous les axes retenus pour chaque variable				
	Comp1	Comp2	Comp3	Comp4	Comp5	Comp1	Comp2	Comp3	Comp4	Comp5	Comp1	Comp2	Comp3	Comp4	Comp5
	rich.spe	3,22	1,05	7,43	6,6	22,07	17,28	3,96	24,16	14,1	35,6	17,28	21,23	45,4	59,49
shannon	6,61	11,34	0,11	2,72	1,28	35,51	42,9	0,37	5,8	2,07	35,51	78,41	78,78	84,58	86,65
equitabilite	8,22	10,13	0,02	4,51	0,17	44,14	38,31	0,07	9,64	0,28	44,14	82,45	82,52	92,16	92,44
abs.habitat	2,67	1,76	22,04	0,13	4,37	14,33	6,66	71,66	0,29	7,05	14,33	20,98	92,64	92,93	99,98
sous.berge	12,26	0,4	4,28	5,15	2,45	65,86	1,51	13,92	11	3,95	65,86	67,37	81,29	92,29	96,24
chev.racin	0,09	6,44	19,91	0,44	0,88	0,47	24,38	64,74	0,94	1,42	0,47	24,85	89,59	90,52	91,94
veg.surpl	1,17	11,85	7,43	0,64	9,73	6,26	44,85	24,15	1,36	15,7	6,26	51,11	75,25	76,61	92,31
debris.lign	0,05	5,88	2,55	27,16	1,99	0,25	22,25	8,28	57,99	3,22	0,25	22,5	30,78	88,77	91,99
bloc.roch	13,38	1,95	1,98	5,38	1,53	71,88	7,39	6,43	11,48	2,48	71,88	79,27	85,71	97,19	99,66
str.arbu	7,53	8,81	0,08	0,34	13,79	40,43	33,34	0,28	0,72	22,25	40,43	73,77	74,04	74,76	97,02
bx.rec.ripi	9,21	10,34	0,79	0,3	3,84	49,47	39,11	2,57	0,65	6,2	49,47	88,58	91,14	91,79	97,99
bx.rec.haie	0,01	0,19	3,64	38,9	2,15	0,06	0,71	11,83	83,06	3,47	0,06	0,78	12,61	95,67	99,14
bx.rec.indiv	3,9	5,86	6,99	4,06	13,56	20,93	22,19	22,73	8,67	21,88	20,93	43,12	65,85	74,51	96,4
densite	6,85	0,16	13,99	2,03	5,76	36,77	0,6	45,49	4,33	9,29	36,77	37,37	82,86	87,2	96,49
ecl	7,44	8,03	1,53	1,33	5,54	39,96	30,37	4,98	2,84	8,93	39,96	70,33	75,31	78,15	87,08
dep	10,34	4,31	6,88	0,02	0,56	55,53	16,31	22,38	0,04	0,9	55,53	71,84	94,22	94,26	95,16
dist.moy	7,07	11,49	0,33	0,3	10,33	37,94	43,48	1,06	0,63	16,67	37,94	81,42	82,48	83,12	99,79

Individu	Station	Contribution à l'inertie : importance respective de chaque individu dans la construction des axes					Part d'information apportée par chaque axe pour chaque individu					Qualité de représentation de chaque individu : part totale d'information apportée par tous les axes retenus pour chaque individu				
		Comp1	Comp2	Comp3	Comp4	Comp5	Comp1	Comp2	Comp3	Comp4	Comp5	Comp1	Comp2	Comp3	Comp4	Comp5
23	NIED REUNIE-1P	1,76	2,67	2,31	5,86	0,08	13,18	14,09	10,47	17,46	0,18	13,18	27,27	37,74	55,21	55,39
24	NIED REUNIE-2P	2,74	4,75	32,21	16,09	4,9	7,77	9,47	55,19	18,11	4,17	7,77	17,24	72,43	90,54	94,7
25	NIED REUNIE-3P	1,16	31,92	2,49	14,68	14,85	3,13	60,69	4,07	15,76	12,04	3,13	63,82	67,9	83,65	95,7
26	NIED REUNIE-4P	7,61	9,17	24,14	7,94	24,56	18,76	15,92	36,02	7,78	18,19	18,76	34,69	70,7	78,49	96,67
27	NIED REUNIE-1N	6,15	1,42	0	1,79	43,23	25,53	4,16	0	2,95	53,92	25,53	29,69	29,69	32,64	86,56
28	NIED REUNIE-2N	23,52	22,28	21,12	2,1	7,63	42,15	28,13	22,91	1,5	4,11	42,15	70,28	93,18	94,68	98,79
29	NIED REUNIE-3N	1,36	23,41	8,51	39,06	0,12	3,45	41,7	13,02	39,27	0,09	3,45	45,14	58,17	97,44	97,53
30	NIED REUNIE-4N	55,69	4,38	9,23	12,47	4,63	78,64	4,36	7,89	7	1,96	78,64	83	90,88	97,89	99,85

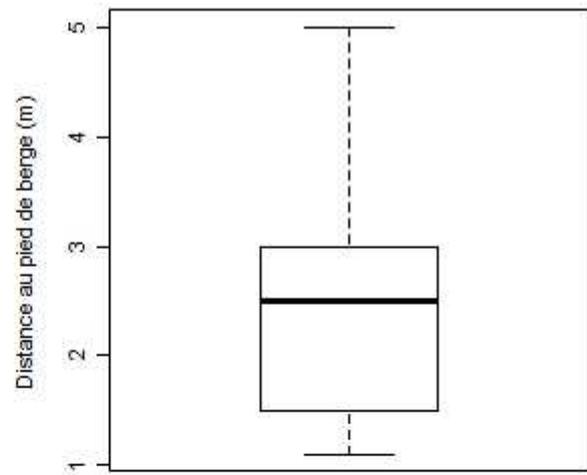
**Annexe 20 - Comparaison graphique des implantations sur le profil de berge des espèces non plantées et plantées (Source : Hayot)**

**Prunus sp. non planté**



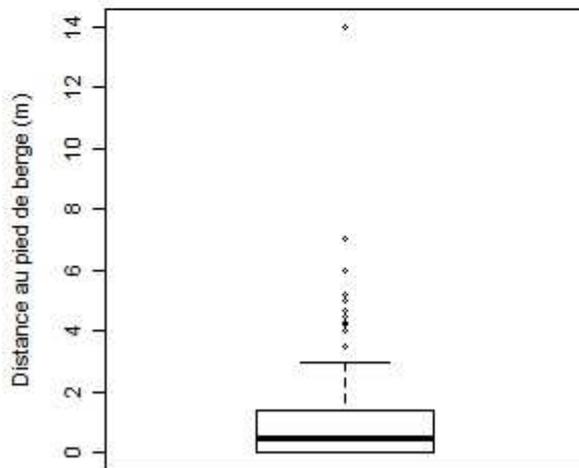
Echantillon de 15 individus

**Prunus sp. planté**



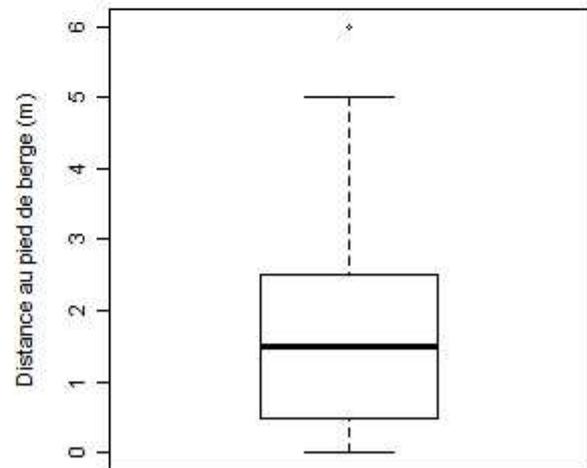
Echantillon de 17 individus

**Fraxinus excelsior non planté**



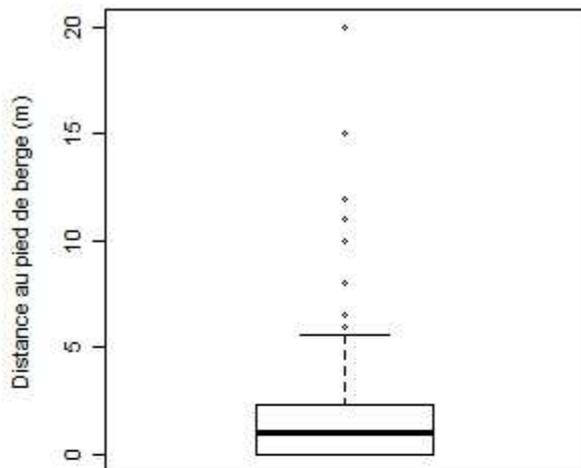
Echantillon de 170 individus

**Fraxinus excelsior planté**



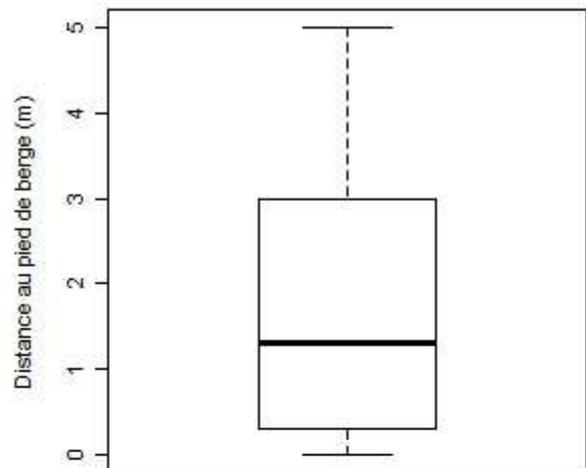
Echantillon de 145 individus

**Crataegus sp. non planté**



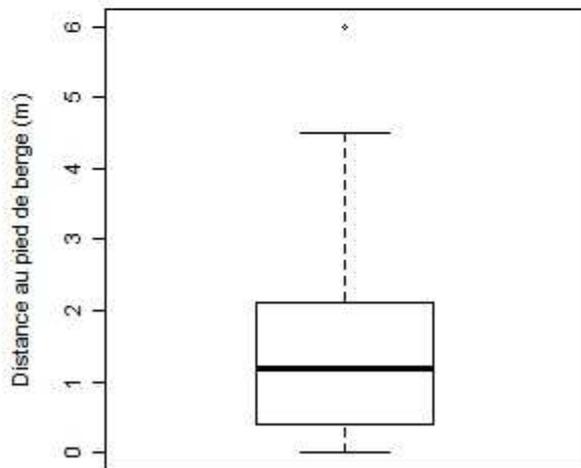
Echantillon de 244 individus

**Crataegus sp. planté**



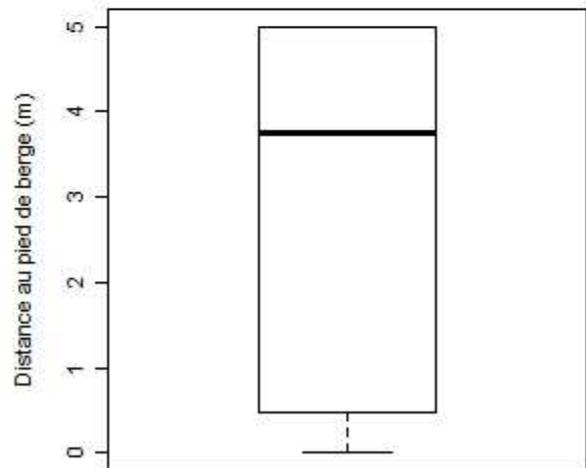
Echantillon de 14 individus

**Eunonymus sp. non planté**



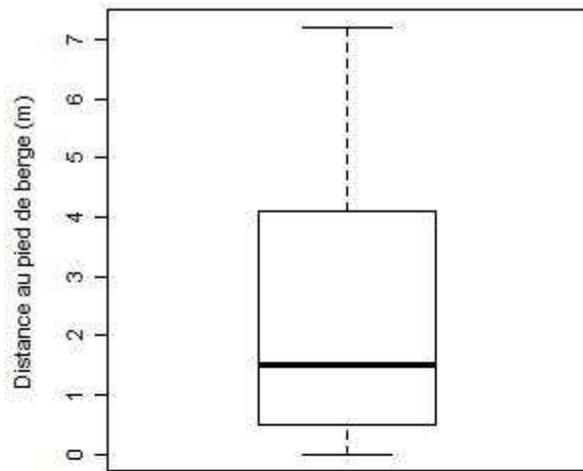
Echantillon de 51 individus

**Eunonymus sp. planté**



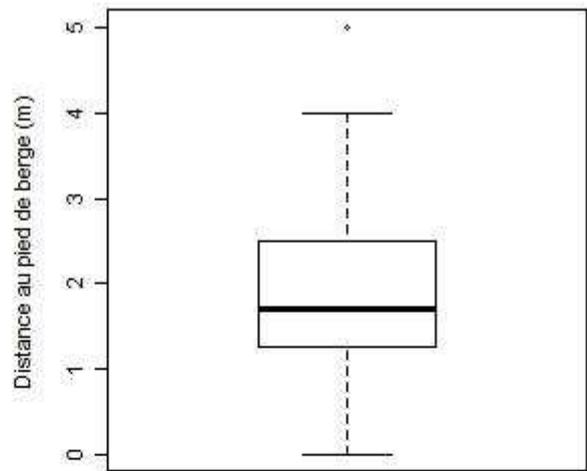
Echantillon de 16 individus

**Corylus avellana non planté**



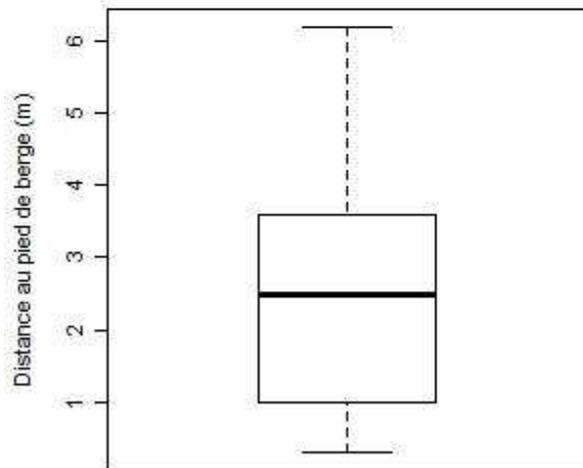
Echantillon de 17 individus

**Corylus avellana planté**



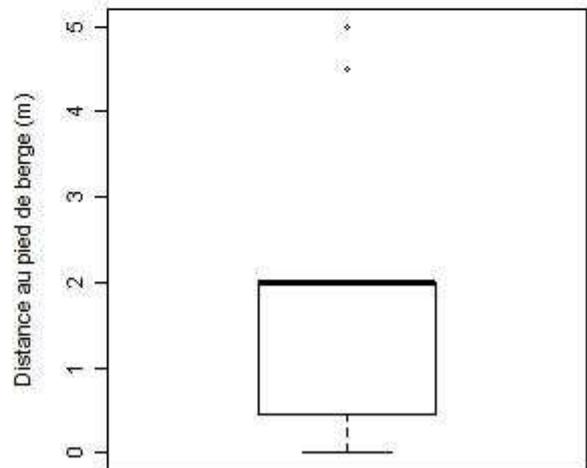
Echantillon de 20 individus

**Cornus sp. non planté**



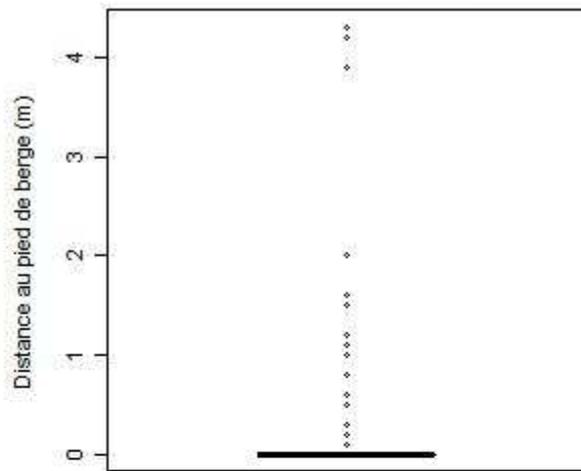
Echantillon de 13 individus

**Cornus sp. planté**



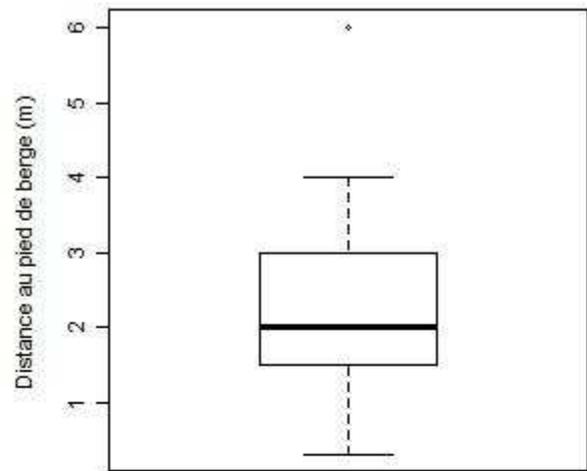
Echantillon de 20 individus

**Alnus glutinosa non planté**



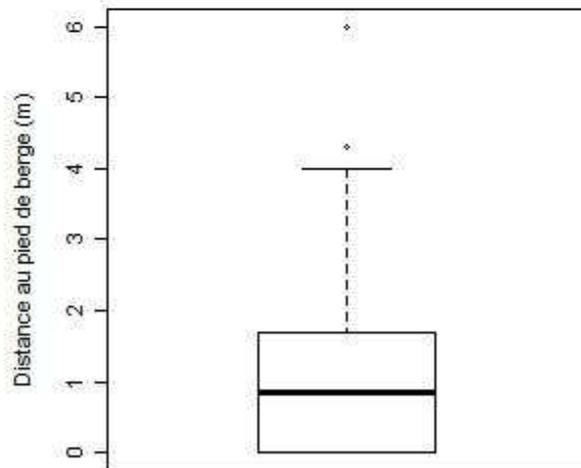
Echantillon de 144 individus

**Alnus glutinosa planté**



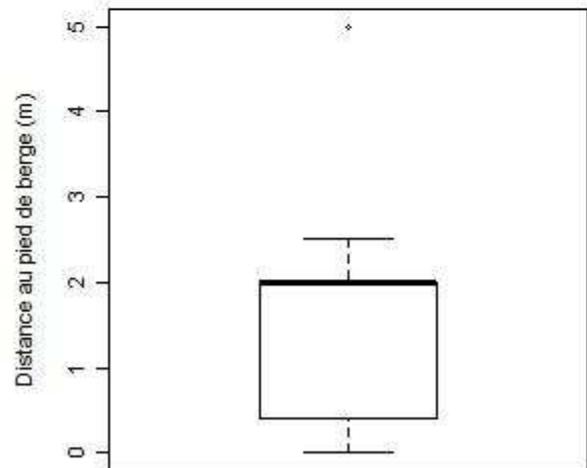
Echantillon de 23 individus

**Acer campestre non planté**



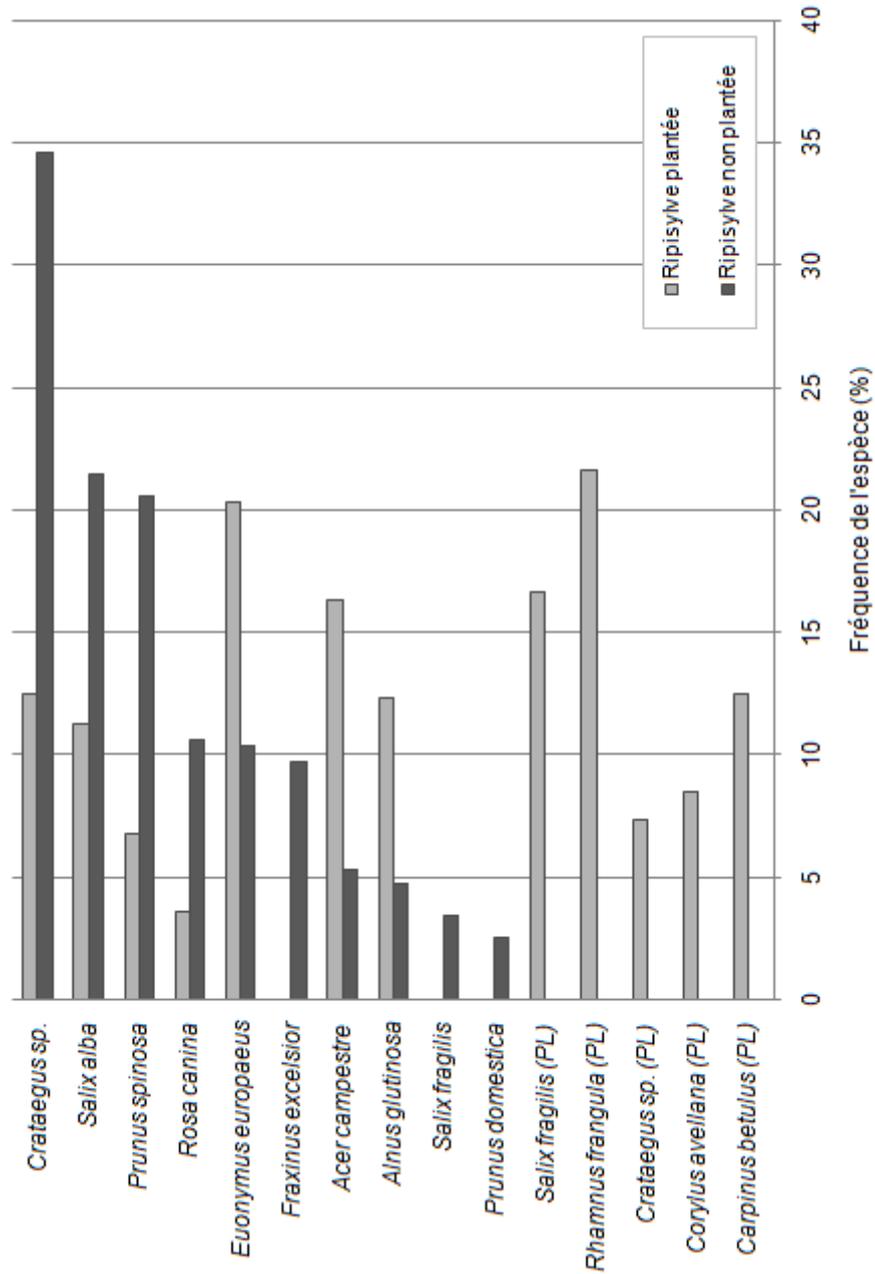
Echantillon de 66 individus

**Acer campestre planté**

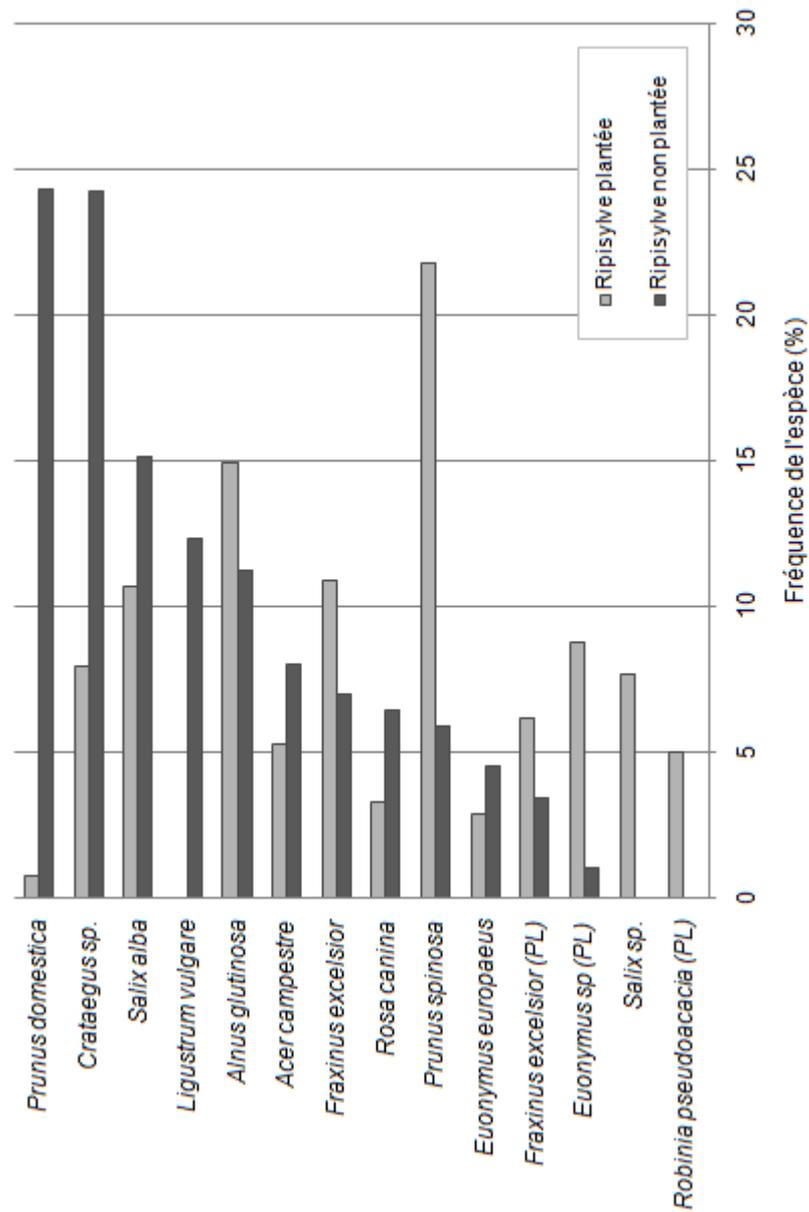


Echantillon de 21 individus

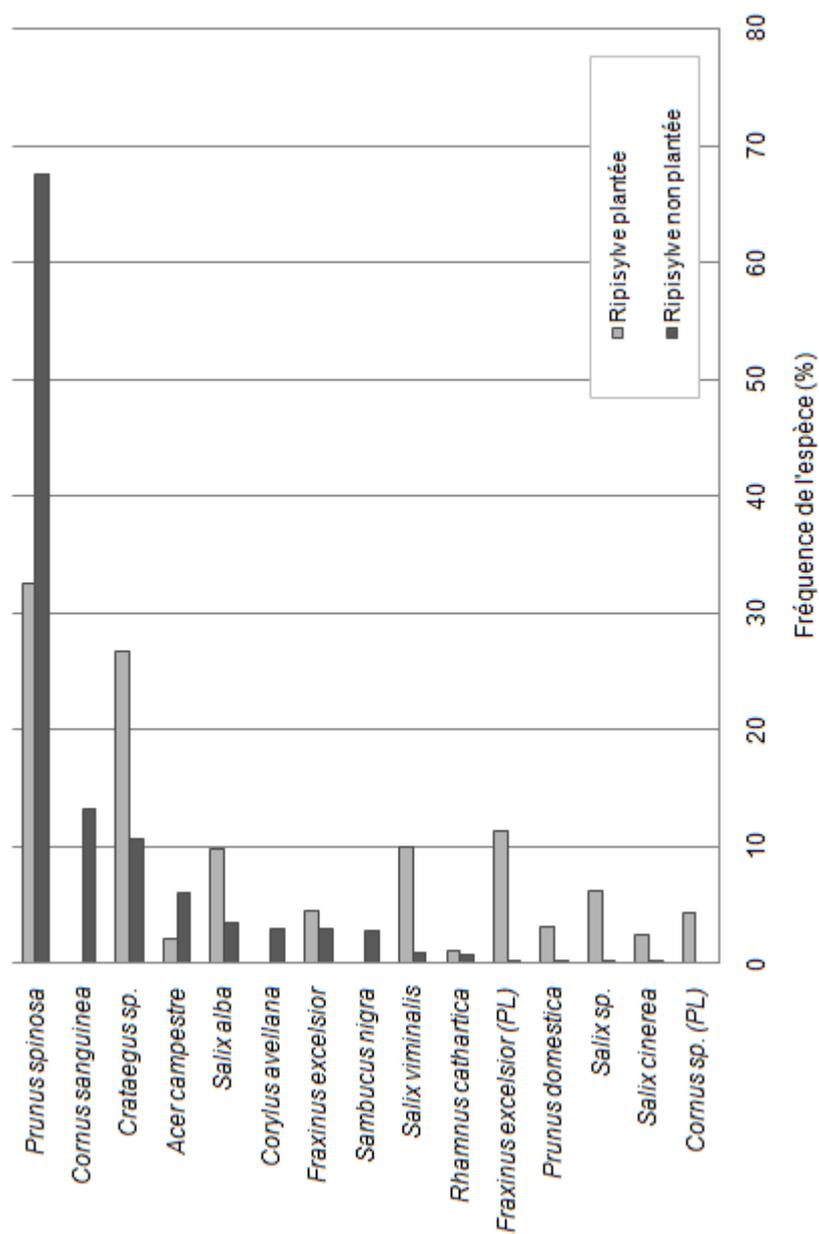
Annexe 21 - Comparaison de la composition spécifique entre les deux types de ripisylve sur l'Esch (Source : Hayot)



Annexe 22 - Comparaison de la composition spécifique entre les deux types de ripisylve sur le Madon (Source : Hayot)



Annexe 23 - Comparaison de la composition spécifique entre les deux types de ripisylve sur la Nied Réunion (Source : Hayot)



**Annexe 24 - Nouvelle fiche de terrain améliorée (Source : Hayot)**

## FICHE DE TERRAIN N° RENSEIGNEMENTS GÉNÉRAUX ET INFORMATIONS COMPLÉMENTAIRES

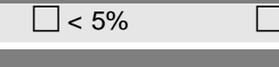
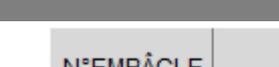
OBSERVATION (STATION A ET B)		REPÉRAGE (STATION A ET B)	
DATE :	.....	NOM DE LA COMMUNE :	.....
HEURE ARRIVÉE :	.....	ID POINT DE RELEVÉ :	.....
HEURE DÉPART :	.....		
OBSERVATEURS :	.....		

COORDONNÉES GÉOGRAPHIQUES (STATION A ET B)							
AVAL		AMONT (STATION A)		AMONT (STATION B)			
NORD	EST	NORD	EST	NORD	EST		
.....	.....	.....	.....	.....	.....		

SITUATION HYDROLOGIQUE (STATION A ET B)		
<input type="checkbox"/> ÉTIAGE	<input type="checkbox"/> MOYENNES EAUX	<input type="checkbox"/> HAUTES EAUX

TRACÉ DU LIT MINEUR (ST. A ET B)	AMÉNAGEMENT ANTHROPIQUE (ST. A ET B)
<input type="checkbox"/> SINUEUX	<input type="checkbox"/> RAS
<input type="checkbox"/> RECTILIGNE	<input type="checkbox"/> RECALIBRAGE
<b>ENTRETIEN DU COURS D'EAU (ST. A ET B)</b>	<input type="checkbox"/> CURAGE
<input type="checkbox"/> OUI	TYPE DE CURAGE : .....
<input type="checkbox"/> NON	<input type="checkbox"/> AUTRES : .....

OCCUPATION DU SOL (STATION A ET B)		
	RD	RG
CULTURE	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
PRAIRIE DE FAUCHE	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
PRAIRIE DE PÂTURAGE	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
FORÊT		
ZONNE URBAINE	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

IMPORTANCE ET CONTINUITÉ DE LA RIPISYLVE (STATION B)			
		RD	RG
	ABSENCE	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	ISOLÉE (<10%)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	ESPACÉE-RÉGULIÈRE (10 à 25%)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	BOSQUETS ÉPARVÉS (25 à 50%)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	SEMI-CONTINUE (50 à 75%)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	CONTINUE (>75%)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

ÉCLAIREMENT DU COURS D'EAU (STATION B)				
<input type="checkbox"/> < 5%	<input type="checkbox"/> 5 à 25%	<input type="checkbox"/> 25 à 50%	<input type="checkbox"/> 50 à 75%	<input type="checkbox"/> >75%

### EMBÂCLE (STATION B)

N°EMBÂCLE	DIMENSIONS		
	h (m)	l (m)	L (m)
1			
2			

TYPE D'ALTÉRATION : .....

.....

.....

OBSERVATIONS : .....

.....

# FICHE DE TERRAIN N° 2

## DESCRIPTION DES BERGES ET DU LIT (STATION A)

N° Station : .....

LIT	LARGEUR À PLEINS BORDS (m)			LARGEUR MOUILLÉE (m)																	
	Mesure 1	Mesure 2	Mesure 3	Moyenne	Mesure 1	Mesure 2				Mesure 3	Moyenne										
N° DU TRANSECT	<b>BERGE</b>									FACÈS D'ÉCOULEMENT	OBSERVATIONS										
	NATURE			PENTE (degré)			HAUTEUR (m)					HABITATS CARACTÉRISTIQUES									
	RD	RG		RD	RG		RD	RG				RD	RG								
1																					
2																					
3																					
4																					
5																					
6																					
7																					
8																					
9																					
10																					
11																					
12																					
13																					
14																					
15																					

**FICHE DE TERRAIN N° 3**  
**DESCRIPTION DE LA VÉGÉTATION RIVULAIRE (STATION B)**

RIVE	STRATE	DISTANCE PAR RAPPORT AU DÉBUT DE LA STATION (m)	DISTANCE AU PIED DE BERGE (m)	IMPLANTATION SUR LE PROFIL DE BERGE	TYPE DE VÉGÉTATION	ÉTAT SANITAIRE	HAIE			INDIVIDU					OBSERVATIONS			
							LARGEUR (m)	LONGUEUR (m)	COMPOSITION SPÉCIFIQUE	DENSITÉ ESTIMÉE (NOMBRE DE PIEDS)	ESPECE	REJET	NOMBRE DE BRINS (CÉPÉE)	DIAMÈTRE DE LA TIGE (cm)		DIAMÈTRE DU HOUPPIER (cm)		
1																		
2																		
3																		
4																		
5																		
6																		
7																		
8																		
9																		
10																		

OBSERVATIONS GÉNÉRALES: .....

Numéro de station : .....

PAGE ...../.....

# NOTICE

## LE POINT DE RELEVÉ

Afin de décrire à la fois les caractéristiques physiques du cours d'eau selon les lois de l'hydromorphologie fluviale (étude du lit et des berges) et la végétation rivulaire selon le principe de la « richesse spécifique maximale », il convient de déterminer deux longueurs de station différentes pour optimiser les mesures. Ainsi, sur un même point de relevé, deux stations en chevauchement seront délimitées :

- **une station que l'on appellera « A »** : pour la mesure des caractéristiques physiques du cours d'eau uniquement
- **une station que l'on appellera « B »** : pour l'application du reste du protocole avec notamment la description de la ripisylve

La longueur de la station « B » sera la même pour chaque point de relevé sur le cours d'eau. En effet, la richesse spécifique est très variable en fonction de la longueur de la station. Afin d'éliminer l'effet lié à la longueur de station, les opérateurs devront faire un travail supplémentaire avant d'entamer les relevés de terrain. Ils devront parcourir le cours d'eau sur une certaine distance (non définie) afin de mesurer la richesse spécifique maximale de la ripisylve sur ce cours d'eau. Une fois ce nombre d'espèces défini, il devra déterminer une longueur invariante de station « B » sur laquelle l'ensemble des espèces est représenté.

Délimitation des stations de mesures « A » et « B » :

- Pour délimiter la station A, il convient d'utiliser le protocole CARHYCE (la longueur de la station est égale à 14 fois la largeur à pleins bords)
- Pour les limites de la station B : partir du point « aval » (origine) de la station « A » (déjà délimitée) et parcourir la distance qui a été fixée au préalable, par cours d'eau (lors de la recherche de la richesse spécifique maximale) afin d'arriver au point « amont ».

→ **Avant toutes mesures : déterminer les limites des deux stations et enregistrer les coordonnées géographiques des trois points**

Il est conseillé de suivre chronologiquement (sur le terrain), les explications de la notice.

Il est noté sur chaque fiche, la station (A ou B) sur laquelle les opérateurs travailleront.

Afin de mieux se repérer dans les fiches, la même présentation est utilisée dans la notice.

## LES OPÉRATEURS

Pour ce travail de description, il convient d'être trois, afin de pouvoir travailler sur les deux rives à la fois. Deux opérateurs se chargent des mesures (un sur chaque rive) pendant que le dernier prend les notes sur les fiches de terrain.

## DÉLIMITATION DES STATIONS DE MESURES

---

### FICHE N°2 DESCRIPTION DES BERGES ET DU LIT

Les mesures suivantes sont réalisées sur la station A. La station est d'abord positionnée grossièrement par les opérateurs parcourant le cours d'eau et en repérant la zone d'étude la plus favorable à son implantation. Cette phase permettra d'identifier une zone de radier ou de plat courant en aval du secteur.

#### LIT

##### LARGEUR A PLEINS BORDS

---

**Reprise du protocole CARHYCE** : ces mesures sont réalisées pour déterminer la longueur de la station « A ». Trois largeurs à pleins bords sont mesurées au niveau de trois transects. Le premier transect est préférentiellement positionné au niveau du premier radier aval (ou plat courant si aucun radier n'est présent à l'aval) qui matérialisera l'origine de la station. Les deux autres transects sont ensuite espacés chacun de deux fois cette première largeur mesurée. La moyenne des trois mesures servira à déterminer la longueur de la station. Ces largeurs à pleins bords sont relevées rapidement à l'aide d'un télémètre entre les deux bords de berge (sur un point d'inflexion ou sur une portion rectiligne du cours d'eau).

##### LARGEUR MOUILLÉE

---

**Reprise du protocole CARHYCE** : ces mesures sont réalisées pour déterminer l'espacement entre chaque point de mesure sur les transects. Trois largeurs mouillées sont donc également mesurées au niveau des trois transects. La moyenne des trois mesures servira à déterminer l'espacement inter-point sur les transects.

→ *Objectif de mesure : en plus de servir à déterminer l'espace entre les transects, cette mesure permet de caractériser le cours d'eau par sa largeur de lit.*

##### DÉTERMINATION DE LA LONGUEUR DE LA STATION « A »

---

**Reprise du protocole CARHYCE** : il est recommandé que la limite aval de la station et par conséquent le premier transect, soit positionnée sur un radier ou un plat courant, sauf si aucun des deux faciès n'existe. La longueur de la station est donc déterminée en fonction de la largeur moyenne à pleins bords. Ainsi, la longueur est égale à 14 fois cette largeur, à partir du premier radier identifié à l'aval de la station.

Une fois la longueur de la station déterminée et l'espacement entre transects évalué, les opérateurs procéderont aux mesures des caractéristiques physiques du cours d'eau. Ces mesures sont répétées au niveau de chaque transect. Pour simplifier l'analyse des données, les points sont toujours décrits de la rive droite vers la rive gauche.

## FICHE DE TERRAIN N°1

### RENSEIGNEMENTS GÉNÉRAUX ET INFORMATIONS COMPLÉMENTAIRES

#### OBSERVATION ET REPÉRAGE

##### OBSERVATION

- **DATE** : Renseigner la date du relevé afin de comptabiliser le nombre de stations fait en moyenne par journée de terrain.
  - **HEURES ARRIVÉE/DÉPART** : indiquer l'heure d'arrivée sur le point de relevé, puis une fois le travail achevé, indiquer l'heure de départ.
- *Objectif de mesure : évaluation du temps passer par point de relevé*
- **OBSERVATEURS** : Indiquer le nom des personnes qui participent au relevé (opérateurs) afin de pouvoir les contacter au moment de la saisie s'il y a des données illisibles ou aberrantes.

##### REPÉRAGE

- **NOM DE LA COMMUNE** : Indiquer le nom de la commune la plus proche du point de relevé
- **ID POINT DE RELEVÉ** : nom du cours d'eau + numéro du point + lettre « P » (ripisylve « plantée ») ou lettre « N » (ripisylve « naturelle »)  
*Exemple : ESCH-1N → premier point de relevé avec ripisylve « naturelle » sur l'Esch*  
*Remarque : cet identifiant numéro est appliqué aux deux stations (A et B)*

#### COORDONNÉES GÉOGRAPHIQUES

Localisation du point de relevé :

- relever à l'aide d'un GPS, les coordonnées géographiques de la station A. Enregistrer les coordonnées à l'aval du cours d'eau (origine du point de relevé) puis celles à l'amont (fin de la station A).
- En partant de l'origine du point de relevé, enregistrer le nouveau point « amont » de la station B.

Une fois les deux stations matérialisées sur le terrain, les opérateurs procéderont à la mesure des caractéristiques physiques du cours d'eau sur la station A.

##### DESCRIPTION DES BERGES ET DU LIT PAR TRANSECT (ST. A)

## FICHE N°2

### DESCRIPTION DES BERGES ET DU LIT

#### LIT

##### FACIÈS D'ÉCOULEMENT

Le relevé des faciès d'écoulement est simplifié et inspiré du protocole CARHYCE. Sur chaque transect est décrit le faciès d'écoulement du cours d'eau, selon la typologie suivante

(définitions extraite de la clé de détermination simplifiée des faciès d'écoulement (Malavoi et Souchon, 2002)) :

- Mouille (MO) : le long d'un obstacle ou dans une concavité de méandre
- Plat lentique (PL) : souvent en amont d'un obstacle ou d'un faciès de type radier
- Plat courant (PC) : écoulement uniforme, vaguelettes à la surface de l'eau
- Radier (RA) : turbulences plus fortes à la surface de l'eau

→ *Objectif de mesure : d'après le protocole CARHYCE « ce sont des macro-descripteurs des habitats aquatiques et peuvent aussi être indicateurs d'un certain niveau de dysfonctionnement hydromorphologique ».*

## BERGE

### NATURE

Sur chaque transect, les berges des deux rives (RD et RG) sont décrites en indiquant la nature des matériaux qui les constituent, en utilisant la typologie suivante (d'après le protocole CARHYCE) :

- Matériaux naturels (MN)
- Technique végétale (TV)
- Enrochement (ER)
- Matériaux artificiels (MA)

→ *Objectif de mesure : d'après le protocole CARHYCE « La nature des matériaux qui constituent une berge peut être déterminante en termes d'érosion et de mobilité du lit, lorsque des aménagements ont été réalisés. ».*

### PENTE

Relever les pentes des berges, à l'aide d'un clisimètre.

→ *Objectif de mesure : évaluer l'érosion des berges*

### HAUTEUR

Mesurer la hauteur de la berge à pleins bords à l'aide d'une pige.

→ *Objectif de mesure : évaluer l'enfoncement du lit (lié à des aménagements anthropiques)*

### HABITATS CARACTÉRISTIQUES

La présence de certains habitats caractéristiques est notée :

- Sous-berge (SB)
- Chevelu racinaire (CR)
- Végétation surplombante (VS)
- Débris ligneux grossiers et/ou Embâcle (DL)
- Blocs rocheux (BR)

→ *Objectif de mesure : d'après le protocole CARHYCE « certains habitats importants peuvent se développer en pied de berge et influencer la communauté en place »*

## OBSERVATIONS

Indiquer les observations complémentaires ou commentaires personnels.

## DESCRIPTION DE LA VÉGÉTATION RIVULAIRE (ST. B)

### FICHE DE TERRAIN N°4 DESCRIPTION DE LA VÉGÉTATION RIVULAIRE

La description de la végétation rivulaire s'effectue sur l'ensemble de la station B et sur les deux rives (gauche et droite). On distinguera deux éléments paysagers : la haie (haie basse buissonnante de 2 à 4 mètres de hauteur) et les individus (arbre ou arbuste isolé et cépée).

#### DONNÉES COMMUNES

##### RIVE

Indiquer si l'élément paysager se situe en rive droite (notée RD) ou en rive gauche (notée RG) afin de considérer séparément les deux ripisylves.

##### STRATE

- Indiquer la strate à laquelle appartient l'individu décrit (typologie de stratification utilisée par le protocole CARHYCE) :
- Strate arbustive : regroupe classiquement les végétaux de hauteur comprise entre 2 et 7 mètres (notée ARBU)
- Strate arborescente : regroupe classiquement les végétaux de hauteur > 7 mètres (notée ARBO)
- Évaluer, à dire d'expert, le recouvrement de la strate herbacée sur l'ensemble de la station, regroupant classiquement les végétaux de hauteur < 2 mètres, puis l'indiquer dans les « Observations générales »

→ *Objectif de mesure : analyser la diversité en âge et en strate de la ripisylve*

##### DISTANCE PAR RAPPORT AU DÉBUT DE LA STATION

- Mesurer, à l'aide d'un topofil, la distance (en mètre) séparant l'individu décrit de l'individu précédent, en relevant la valeur indiquée sur le compteur mécanique. Par une simple soustraction, on obtient l'écart de valeur entre deux individus voisins.
- Relever la distance renseignée sur le topofil à chaque extrémité de la haie

→ *Objectif de mesure : déterminer, d'une part, la densité de la ripisylve (espacement entre chaque individu) et d'autre part la continuité de la ripisylve (par l'analyse d'une mesure quantitative).*

##### DISTANCE AU PIED DE BERGE

- Mesurer, à l'aide d'un décamètre, la distance (en mètre) entre l'individu et le pied de berge.
- Mesurer la distance moyenne (en mètre) entre la haie et le pied de berge

→ *Objectif de mesure : déterminer l'implantation de chaque individu sur le profil de berge ainsi que l'éloignement de la haie*

##### IMPLANTATION SUR LE PROFIL DE BERGE

Indiquer si l'individu ou la haie se situe :

- en pied de berge (PB)
- en mi-berge (MB)
- en haut de berge (HB)

→ *Objectif de mesure : compléter la donnée « Distance au pied de berge »*

### ESPÈCE PLANTÉE

---

Spécifier dans le tableau s'il s'agit d'une espèce plantée

→ *Objectif de mesure : évaluer le taux de plantation sur la station*

### ÉTAT SANITAIRE

---

Indiquer si l'individu est :

- Mort (MO)
- Malade (MA)
- Vieillissant (V)

→ *Objectif de mesure : proposer un indice de dépérissement (évaluation du taux d'arbres mort ou dépérissant sur la station)*

## HAIE

### LONGUEUR ET LARGEUR

---

À l'aide d'un toposfil, évaluer la longueur (en mètre) et la largeur moyenne (en mètre) de la haie.

→ *Objectif de mesure : évaluer la surface de végétation buissonnante sur la station*

### COMPOSITION SPÉCIFIQUE ET PROPORTION

---

Indiquer les espèces présentes dans la haie et pour chacune, évaluer à dire d'expert, sa proportion relative (en %) par rapport aux autres (sur un total de 100%).

→ *Objectif de mesure : évaluation de la richesse et diversité spécifique*

### DENSITÉ

---

Estimer la densité de la haie. Pour ce faire, comptabiliser le nombre de pieds (toutes espèces confondues) sur un mètre linéaire.

→ *Objectif de mesure : évaluer la densité de végétation buissonnante sur la station*

## INDIVIDU

### ESPÈCE

---

Indiquer le nom vernaculaire de l'espèce de l'individu décrit.

→ *Objectif de mesure : évaluation de la richesse spécifique*

### REJET

---

Indiquer la présence de rejets autour de la tige principale (arbre isolé). Lorsqu'il est possible, préciser s'il s'agit d'un rejet naturel ou d'un rejet de plantation (par exemple, la présence de rejet sous un arbre planté)

→ *Objectif de mesure : évaluation de la régénération naturelle*

### NOMBRE DE BRINS (CÉPÉE)

---

Comptabiliser le nombre de brins par cépée

### DIAMÈTRE

---

- À l'aide d'un compas forestier : mesurer à 1m30 le diamètre, en centimètre, de chaque individu (les cépées exceptées). Ne relever que les diamètres supérieurs à 5 centimètres.

- Mesure particulière de diamètre pour une cépée : cumuler les diamètres des différents brins
- *Objectif de mesure : évaluation de la surface occupée par les individus sur la station*

#### OBSERVATIONS

Les opérateurs peuvent indiquer leurs observations supplémentaires.

Enfin, après avoir décrit les deux stations, les opérateurs apporteront des informations complémentaires (à relever sur les deux stations).

## FICHE DE TERRAIN N°3 RENSEIGNEMENTS GÉNÉRAUX ET INFORMATIONS COMPLÉMENTAIRES

#### SITUATION HYDROLOGIQUE

Indiquer la situation hydrologique du cours d'eau :

→ *Objectif de la mesure : avoir un aperçu des conditions de terrain le jour du relevé*

#### TRACÉ DU LIT MINEUR

Indiquer le tracé du lit mineur : tracé rectiligne (aucun méandre) ou tracé sinueux (au moins un méandre).

→ *Objectif de la mesure : Indice de présence d'un aménagement anthropique (coupure de méandre,...)*

#### AMÉNAGEMENT ANTHROPIQUE

Indiquer la présence ou l'absence d'aménagements anthropiques sur la station. Dans le cas d'un curage, préciser les indices de présence :

- Merlon
- Tas de curage
- Trace d'engin

→ *Objectif de mesure : évaluer la pression anthropique sur le cours d'eau*

#### ENTRETIEN DU COURS D'EAU

Préciser si le cours d'eau est entretenu ou non. Cette observation se fait essentiellement à partir de l'état de la végétation (branche cassée, arbre couché) et de l'encombrement du cours d'eau (présence d'embâcles gênants,...)

→ *Objectif de mesure : évaluer la pression anthropique sur le cours d'eau*

#### OCCUPATION DU SOL

Indiquer pour chacune des rives, le type de milieu qui borde le cours d'eau.

→ *Objectif de mesure :*

- *évaluer la pression anthropique sur le cours d'eau et définir les menaces pesant sur la ripisylve (pollution agricole, piétinement et/ou abrutissement par le bétail, etc.)*
- *considérer le rôle épuratoire de la ripisylve*

## IMPORTANCE ET CONTINUITÉ DE LA RIPISYLVE

À dire d'expert, évaluer l'importance et la continuité de la ripisylve sur chaque rive en observant l'ensemble de la station « B » et en se référant à la typologie repris du protocole CARHYCE et adapté.

Remarque : seules les strates arborées et arbustives sont considérées pour cette évaluation.

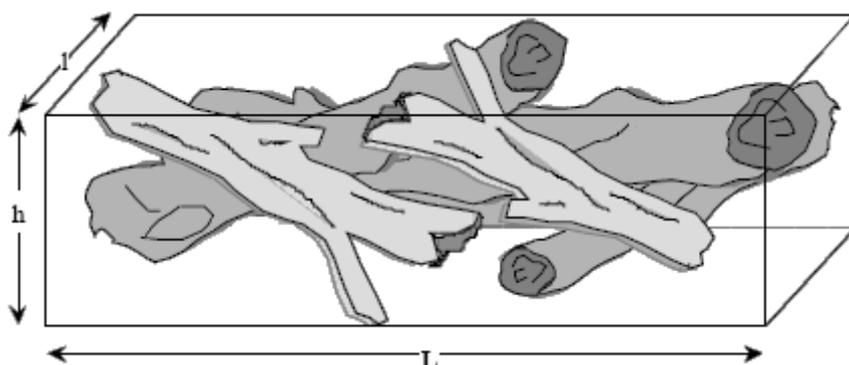
→ *Objectif de mesure : évaluer la densité de la ripisylve et l'espacement entre chaque individu.*

## ÉCLAIREMENT DU COURS D'EAU

Indiquer, à dire d'expert, la part de la surface de l'eau éclairée directement (absence totale d'ombre).

→ *Objectif de mesure : évaluer l'ombrage fourni par la ripisylve au cours d'eau (rôle microclimatique)*

## EMBÂCLE



Pour chaque embâcle (=accumulation de débris végétaux) :

- mesurer ses dimensions (cf. figure ci-dessus),
  - préciser le type d'altération lié à la présence de l'embâcle :
    - rupture de continuité du cours d'eau (perturbation du déplacement de la faune),
    - accélération du courant à l'aval
    - retenue d'eau en amont : colmatage du lit
    - ralentissement de l'écoulement en amont : inondations
    - érosions des berges à l'aval de l'embâcle,
    - menace pour la stabilité des ouvrages
    - etc.
- *Objectif de mesure :*
- *indicateur d'entretien du cours d'eau et de vieillissement de la ripisylve,*
  - *création d'habitats et de zones d'alimentation pour la faune aquatique*

## OBSERVATIONS

Informations supplémentaires et complémentaires comme la présence de gués, de rejets, de confluences, etc.







# Résumé

---

Le rôle des ripisylves est primordial pour l'atteinte du bon état écologique des cours d'eau, de la restauration des processus hydromorphologiques, la continuité écologique et la protection de la biodiversité. Pourtant, depuis plusieurs décennies, les différents usages et aménagements des cours d'eau sont responsables de leur destruction et des nombreuses conséquences liées (érosion, inondations, etc.). Ainsi, des objectifs de préservation et restauration de ces milieux, imposés par la DCE, doivent permettre la reconstitution de ripisylves diversifiées et fonctionnelles. Depuis une vingtaine d'années, quelques cours d'eau du bassin Rhin-Meuse ont fait l'objet de programmes de plantation. Les premiers retours d'expérience indiquent la nécessité d'améliorer ces techniques afin d'aboutir à une ripisylve plus équilibrée. Dans cette étude, limitée à l'analyse de certains cours d'eau de plaine, la mise en place d'un protocole de description des ripisylves permet d'établir que la diversification et la densité sont les principaux critères de différence entre la ripisylve dite « naturelle » et la ripisylve reconstituée.

À l'avenir, mieux considérer ces critères doit permettre d'améliorer les travaux de plantation. L'introduction d'essences mal adaptées ou allochtones est la principale cause d'échec des plantations. Ainsi, il convient d'adapter les cahiers des charges et de sensibiliser les bureaux d'études, maîtres d'œuvre et d'ouvrage et les pépiniéristes. Enfin, profiter des compétences et connaissances de terrain des techniciens rivière ou des agents de l'Onema peut améliorer la qualité des plantations.

# Abstract

---

The riparian land cover play a lead role in order to maintain a sane ecological condition regarding the watercourses, to restore the hydromorphological processes as well as the ecological continuity, and to protect the biodiversity. Nevertheless, for various decades, the diverse uses and planning of the watercourses have been leading to their razing and to a large range of linked consequences (i.e. erosion, water-floods, etc.). Thus, major water-conservation and restoring objectives tackling those milieus, which are laid down by the DCE (French major guideline on water), should enable the reconstruction of functional and diversified riparian land cover. For twenty years, French Environmental Authorities have been restoring some watercourses of the Rhine-Meuse basin through planting programs. The latest feedbacks highlight an urgent need to improve those techniques in order to lead to a better balanced riparian land cover. Regarding this study, which framework is limited to several plain watercourses, the setting up of a riparian land cover description protocol enables to state that diversification and density stand as the major criteria to determine the difference between a natural riparian land cover and a reconstructed one.

As for the future, better considering those criteria should enable the planting work improvement. Introducing not suitable or foreign-born tree species is the main cause of planting failure. Thereby, the aim is now to adapt the specifications as well as raise awareness among the research departments and nurserymen. Eventually, take the opportunity of relying on the fieldwork competences of technical river experts or ONEMA Agents may improve plantation quality.